

효율적인 DVOR 설치위치 선정기법

정회원 박형택*, 황병원*

An Efficient Method for Selecting DVOR Installation Site

Hyeong taek Park*, Byong won Hwang* *Regular Members*

요 약

국제민간항공기구(ICAO : International Civil Aviation Organization)에서 국제 표준 항공항법시스템으로 지정한 전방향표지시설(VOR : VHF Omni-directional Range)은 전 세계적으로 2,000대 이상이 항공로 구성 등에 활용되고 있으며 우리나라도 39대가 운용중이다. VOR은 VHF 반송파를 진폭 및 주파수변조하여 항법정보를 제공하므로 주변 장애물의 영향 때문에 성능이 미흡하여 이미 설치한 장비를 옮기기도 하는데, 이에 따른 비용과 시간이 많이 소요되어 사회적 문제를 야기하기도 한다. 따라서 주변지형이 열악할 경우에는 장비를 임시 설치하여 장소를 선정함이 필요한데, 근래에 많이 사용하는 DVOR(Doppler VOR)은 안테나의 규모가 방대하여 이를 이동시키면서 사전에 성능을 검증하는 것이 매우 어렵다. 이 논문은 DVOR의 규모가 큰 측대파안테나 등을 제거한 후 용이하게 이동시키면서 설치 장소의 적합성을 사전에 확인하는 기법을 개발하고 항공기를 이용한 측정을 통하여 검증함으로써, 향후 VOR 위치 결정에 활용될 수 있도록 하고자 한다.

Key Words : Vor, Dvor, Air navigation, Navigation system, Icao sarps

ABSTRACT

All over the world more than 2,000 VORs(VHF Omni-directional Ranges) including 39 in Korea are being operated for formulating air routes. But VOR reveals some difficulties in cost and time when relocating already an installed one due to its poor performance from the interference by its geometrically surrounding obstacles. DVOR(Doppler VOR) which is more popular than CVOR(Conventional VOR) has huge antennas and make it very difficult to assume a sufficient number of proper site candidates for permanent installation. This paper develops an efficient method for predicting proper site of DVOR installation by isolating transmitter from sideband antennas and counterpoise, making the transmitter easily moveable and verifying the performance of DVOR only with a transmitter and an antenna. The method was tested with a real flight measurement for DVOR performance around Gwangju Airport in Korea.

I. 서 론

UN 산하 국제민간항공기구(ICAO : International Civil Aviation Organization)에서 항공용 표준항법시스템으로 지정한 전방향표지시설(VOR : VHF Omni-directional Range)은 항공로 구성과 이착륙 경로를 만드는데 전 세계에서 가장 많이 사용되고

있는 항법시스템인데, 우리나라의 경우 39대가 운영되고 있으며 전 세계적으로는 2,000여대가 넘게 설치되어 있다. VOR은 VHF 반송파를 진폭 및 주파수변조하여 항법정보를 제공하므로 성능이 산악지대 등의 영향을 많아, ICAO는 성능기준은 물론 설치여건에 대한 국제기준을 제정하여 제공하고 있다.

그러나 이 설치여건 기준에 부합되지 설치하여도

* 한국항공대학교 항공전자공학과 영상처리연구실 (htkpark@yahoo.com)

논문번호 : KICS2007-08-365, 접수일자 : 2007년 08월 17일, 최종논문접수일자 : 2008년 02월 10일



그림 1. VOR 구조도

성능이 미흡한 경우가 있어, 이를 이전시키는 데에 약 3억 원 이상의 추가 비용과 1년 이상이 소요되어 항공로 신설이나 공항 개항 시기가 늦추어져 사회적으로 큰 파장을 일으키기도 한다. 따라서 이에 따른 많은 문제점 해소를 위해 VOR 주변의 여러 장애물에 의한 전파의 왜곡 등에 대한 연구가 많이 필요한 것으로 지적된바 있다¹⁾.

장애물이 많은 지역에 VOR을 설치할 경우 장비 성능을 사전에 확증하기 곤란하므로 장비를 여러 장소에 임시 설치하여 성능을 확인하고 설치 장소를 결정하는 것이 가장 바람직하다. 그러나 두 종류의 VOR중에서 현재는 CVOR(Conventional VOR)보다 DVOR(Doppler VOR)을 많이 사용하는데 DVOR은 그림 1과 같이 안테나 카운터포이즈 직경이 30 m에 이르는 등 규모가 방대하여 이를 이동시키면서 성능을 검증하는 것은 불가능하다.

따라서 이 논문에서는 48~50개에 이르는 측대파안테나와 카운터포이즈와 같은 대규모 구조물을 제거하고 송신기를 쉽게 이동시키면서 성능을 예측할 수 있는 기법을 개발하고, 이를 실제 항공기를 사용한 비행측정을 통하여 검증해 보기로 한다.

II. DVOR의 원리 및 국제기준

2.1 원리

VOR은 항공기에 1° 간격의 방위각 정보를 제공하는데, 360° 모든 방위에 일정한 위상을 제공하는 기준신호와 각 방위각에 상응하여 위상이 변하는 위상을 제공하는 가변신호를 발사하여 이 두 신호의 위상차에 의거 방위각을 알 수 있도록 한다²⁾. 즉 항공기가 신호를 복조하면 <그림 2>와 같이 기준 및 가변위상을 얻는데, 동쪽의 경우 기준신호는 북쪽과 위상이 같지만 가변신호는 90° 앞서므로 두 신호의 위상 차이로 동쪽임을 판단할 수 있다.

DVOR에 1개만 설치되는 기준신호용 안테나는 반송파를 30 Hz 정현파로 30% 진폭변조하여 약

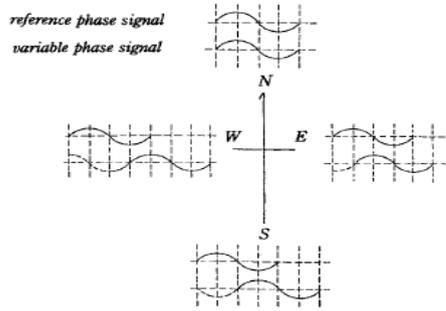


그림 2. VOR 방위각 제공 원리

100 W로 모든 방위각에 걸쳐 무지향성으로 보낸다. 항공기가 수신하여 복조하면 30 Hz 정현파가 얻어지며 모든 방위각에 걸쳐 위상이 일정하므로 기준 신호의 역할을 하게 된다.

한편, 원형으로 48~50개가 설치되는 측대파안테나에는 주반송파를 부반송파라 부르는 9,960 Hz로 진폭변조시켜 약 2.25 W 정도의 적은 전력이 공급되는데, 이 신호는 초당 30회의 반시계 방향으로 회전하므로 항공기에서 보면 송신지점까지의 거리가 초당 30회 비율로 변화한다. 즉 도플러효과에 의거 수신신호 주파수는 초당 30회 비율로 편이되는 주파수변조가 발생하며, 위상은 수신되는 방위각에 따라 상응하게 변하여 가변신호의 역할을 한다. 실제로 안테나 회전은 어려워 측대파신호를 반시계방향으로 순차적으로 공급하여 동일한 효과를 얻는다.

국제기준에 의거 Δf 는 ± 480 Hz이므로 반송파가 113 MHz일때 측대파안테나 원의 직경은 약 13.5 m가 되며, 이를 설치하기 위한 카운터포이즈는 이보다 직경이 큰 30m 정도가 사용된다.

그리고 항공기가 수신하는 DVOR의 신호는 기준신호와 가변신호의 합성으로 이루어지는데, 안테나의 좌표를 <그림 3>과 같이 가정하면 기준신호는 다음 식 (1)과 같다³⁾.

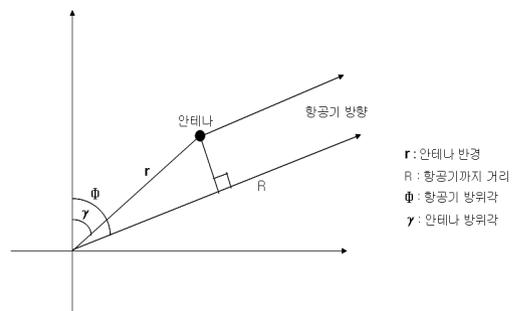


그림 3. 안테나 1개의 좌표시스템

$$E1 = \cos(\omega 1t - \beta 1R)(1 + m \cos \rho t) \quad (1)$$

여기에서 $\omega 1 = 2\pi f_1$: 반송파주파수
 $\beta 1 = 2\pi/\lambda 1$ ($\lambda 1$ 은 파장)
 m = 진폭변조도

안테나로부터 항공기까지의 전자파는 식(2)와 같은 위상지연이 발생한다.

$$\Psi = \beta 2[R - r \cos(\phi - \gamma)] \quad (2)$$

여기에서 $\beta 2 = 2\pi/\lambda 2$ ($\lambda 2$ = 파장)

그리고 시간을 t , 주파수를 $\rho/2\pi$ 라 하면 안테나는 시계 반대방향으로 일정한 속도로 회전하므로 안테나의 방위각 $\gamma = \rho t$ 이므로 항공기에서 수신하는 가변신호 수신 신호는 다음 식(3)과 같다.

$$E2 = \cos[\omega 2t + \beta 2r \cos(\phi - t) - \beta 2R] \quad (3)$$

여기에서 $\omega 2/2\pi = f2$ = 측대파안테나의 주파수

따라서 n 을 두 신호의 상관관계 상수라 할 때, 항공기가 수신하는 신호의 합은 식 (4)와 같다.

$$E = E1 + nE2 \\ = \{\cos[\omega 1t - \beta 1R](1 + m \cos \rho t) + n \cos(\omega 2t + \beta 2r \cos(\rho t - \phi) - \beta 2R)\} \quad (4)$$

표 1. ICAO의 VOR 성능 기준

구 분	성능 기준
주파수	대역 : 108~117.975 MHz 채널간격 : 50, 100, 200 KHz 허용편차 : ±0.002~0.005%
편파	수평편파
통달범위/전계강도	범위 : 사용공역 상공 40°까지 전계강도 : 90 μ V/m
변조	CVOR : 기준위상 30 Hz FM, 가변위상 30 Hz AM DVOR : 기준위상 30 Hz AM, 가변위상 30 Hz FM
식별신호	2~3문자 국제 모스부호를 1020 Hz로 변조
성능감시	주요 파라미터를 지속 모니터링하고 문제 발생시 항행신호 제거 또는 발사 중단

2.2 성능 및 비행측정 기준

ICAO는 VOR의 성능에 대한 기본 국제기준과 허용 오차의 범위를 <표 1>과 같이 정하였다. 항공기는 모든 국가의 VOR을 이용할 수 있어야 하므로 국제표준 하에서 동작하는 것이 필요하고, 또한, 항공로를 구성하고 이착륙 정보를 제공하므로 오차 한계를 정하여 이를 사용하는 항공기의 안전이 보장되도록 하기 위해 이와 같은 제도가 필요하다.

그리고 ICAO는 <표 2>와 같이 항공기에서 판단하는 성능기준 즉 비행측정 기준을 정하고 있다.

표 2. ICAO의 VOR 비행측정 기준

구 분	성능 기준
회전성	반시계 방향으로 비행시 방위각 감소
편파	수직편파 영향은 평균 Radial을 기준으로 ±2.0°이내
Bend	각 Radial의 평균 직진 기준 ±3.5° 이내
Roughness & Scalloping	설정된 코스로부터 ±3.0°이내
변조도/편이율	30 Hz AM : 25~35% 30 Hz FM : 14.8~17.2 9960 Hz : 20~50%(음성 미사용시)
방위각 모니터 작동	±1.0°이내
예비전원	예비전원 작동시 성능에 영향 없어야 함
예비장비	주장비와 예비장비의 방위각 차이는 ±2.0°이내
선회케도 전파배열	±1.0°이내

2.3 주변 장애물 기준

VOR은 주변 장애물에 의해 영향을 많이 받기 때문에 ICAO는 다음과 같이 주변 장애물 기준도 정해 위치 선정시 지키도록 하고 있다^[4].

첫째, 넓은 통달범위가 확보되도록 주변에서 가장 높은 곳에 설치하며, VOR에서 적어도 300 m까지는 평탄하거나 경사진 경우에는 하향 경사도가 4% 이내이어야 하며, 이 여건이 600 m이면 더욱 바람직하다. 둘째, 반경 300 m까지는 원형으로 구성하며 전선이나 울타리는 가능한한 멀리 있거나 안테나로부터 양각 1.5° 이내 또는 수평선 위로 0.5° 이내에 있어야 한다. 다만, 울타리나 전선이 안테나에 방사형으로 되었거나 10° 이하의 수평각에 마주보고 있을 경우에는 50%의 증가가 가능하다. 셋째, 150 m 밖에서는 높이 9 m까지 하나의 수목은 허용된다. 집단 수목은 2° 이상의 양각에 접

하거나 300 m 이내에 있어서는 아니 되며, 600 m 이내의 수목은 필요시에 제거가 가능하여야 한다. 그리고 어떠한 구조물도 1.2° 이상의 양각에 접하거나 150 m 이내에 있어서는 아니 된다. 넷째, 산악지대에 설치할 경우 45 m까지의 지면은 평탄하고, 송신기는 안테나의 수평면 아래에 설치한다. 그리고 45~360 m 사이에는 지형, 나무, 전력선 및 건조물 등이 안테나의 가시선 내에 있어서는 아니 된다.

2.4 비행측정 방법 및 성능판단 요소

VOR의 성능 측정을 위해 각종 계측기를 탑재한 항공기를 이용하여 코스비행과 선회비행을 하면서 종류 별로 VOR의 성능을 측정하고 주변 장애물이 주는 영향을 분석하게 된다. 코스비행 측정은 특정 방위각을 따라 비행하며 항공로 등의 사용 가능성 등을 분석하는 것인데, 주요 측정항목은 방위각의 배열상태(Alignment), Bend, Roughness & Scalloping 과 같은 전파 복사패턴의 구조 및 정확도는 물론 변조도, 식별부호, 신호강도 및 정해진 Radial의 방위각 모니터 설정값 등이다. 한편, VOR을 중심으로 원형 비행하는 선회비행 측정은 360° 또는 일부 방위각의 배열상태 및 통달범위 분석에 사용되는데, 주요 측정항목은 회전성(Rotation), 방향성(Sensing), 360° 전 방위각 배열상태, 공간 변조도 및 통달범위 등이다.

VOR의 주요 성능 측정 항목중 주변의 장애물에 의해 영향을 받아 문제가 되는 요소는 그림 4와 같이 Roughness, Scalloping 및 Bend, 그리고 변조도이다. 다른 성능 측정 요소들은 대부분 장비 자체의 조정으로 해결이 가능하기 때문에 주변의 지형이 큰 문제가 되지는 않는다⁵⁾.

Roughness는 전파의 불규칙성으로서 항공기가 추적하기 어려운 상태를 말하며, 주로 수목이나 불규칙한 산악지대로 생기는 현상이다. Scalloping은 규칙적으로 변하지만 상태가 조밀하여 항공기가 추적하는 것이 어렵다. 그리고 Bend는 완만하고 규칙

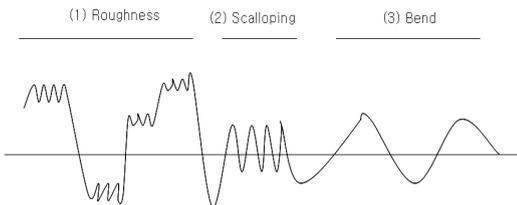


그림 4. VOR 성능판단 요소

적인 변화인데, 항공기가 추적하여 비행할 수 있고 Scalloping과 마찬가지로 긴 건물, 울타리 및 전력선과 같은 비교적 매끄러운 표면에 의한 전파의 반사에 의하여 발생한다.

Ⅲ. 간편한 성능확인 기법 및 비행측정

3.1 간편한 성능확인 기법

DVOR은 송신장치, 안테나 및 카운터포이즈로 구성되는데 송신기는 규모가 캐비넷 크기이며, 카운터포이즈는 그림 1과 같이 직경 약 30 m 정도의 철 구조물로 제작한다. 또한 안테나는 주로 Alford Loop형을 사용하는데 기준신호용은 중앙에 한개만 설치하나 반경 6~7 m의 원형으로 48~50개의 가변신호용을 설치하여 규모가 방대하므로 장비를 이동시키면서 성능을 확인하는 것은 불가능하다. 따라서 규모를 줄여서 쉽게 이동시킬 수 있는 기법을 개발하는 것이 필요하다.

항공기가 신호를 수신하면 수신신호는 직접 수신된 직접파와 장애물에서 반사된 반사파의 합성으로 이루어지는데, 반사파 변조신호 위상은 직접파보다 지연됨으로 합성신호의 변조도는 변하게 된다. 따라서 중앙안테나의 기준신호만을 감안한다면, 반사파에 의한 고조파 성분이 30 Hz 정현파 모양을 변화시켜 기준신호 위상에 영향을 주게 되며, 결국 이는 가변신호와의 위상차에 변화를 주게 되므로 VOR이 제공하는 방위각 오차의 원인이 된다. 따라서, 설치장소의 적합성 판단 기준으로 변조도 변화 상태를 분석하면 장애물이 어느 정도 VOR 신호에 영향을 미치는지를 알 수 있게 된다. 이에 따라 변조상태 변화를 분석하는 것은 측대파신호 없이 기준신호만으로도 가능하므로 측대파신호를 발사하는 방대한 규모의 측대파안테나와 이를 지지하는 카운터포이즈는 제거하고 중앙안테나 한 개만을 송신기에 연결하는 기법을 개발하였다. 이 경우에 중앙안테나에서 송신되는 신호는 식 (5)와 같이 108 ~ 118 MHz 반송파를 30 Hz 정현파로 진폭변조한 것이다.

$$e = E_{max}(1 + m\sin\omega mt)\sin\omega ct \quad (5)$$

- 여기에서 E_{max} : 반송파의 최대 진폭
- m : 변조도, 표준은 0.3(30%)
- ωm : 변조파 주파수, 표준은 30Hz
- ωc : 반송파 주파수, 108 ~ 118 MHz



그림 5. 비행측정에 사용된 항공기

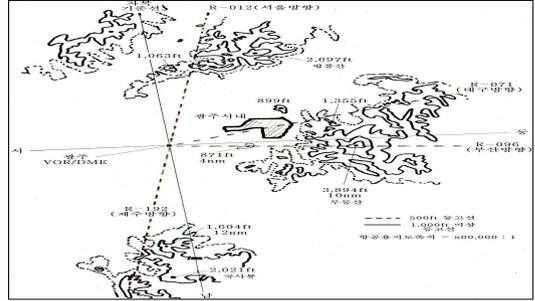


그림 6. 광주공항 주변도

표 3. 비행측정에 사용된 장비

장비명	규격 및 모델	제작사
항공기	첼린저 CL-601/3R	캐나다 봄버디아
VOR 수신기	RNA-34AF	미국 Bendix
VOR 안테나	DM N4-15	미국 D&M
비행검사장비	AFIS	캐나다 Litton
오실로스코프	HP 54600A	미국 HP
VOR 호발생기	2030	영국 Marconi
GPS 수신기	RT-20E	캐나다 Novatel
스펙트럼분석기	HP 8561E	미국 HP

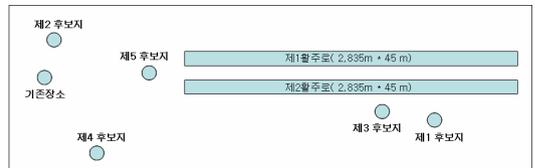


그림 7. 광주공항 DVOR 설치 후보지

3.2 비행측정 검증

이 간편한 위치선정 기법의 검증을 위하여 트럭에 VOR 송신기, 중앙안테나 및 소형 발전기를 싣고 이동하면서 여러 장소의 비행측정을 실시하였다.

그리고 측정장비는 정상적인 비행측정과 유사하게 항공기, VOR 수신기 및 기타 계측기 등이 필요한데, 사용된 항공기는 첼린저 CL-601/3R로서 그림 5와 같으며 기타 계측기 등은 <표 3>과 같다.

검증 장소로는 광주공항을 선정하였는데, 광주공항은 VOR 설치여건이 국제기준에 만족한다고 판단되어 장비를 설치하였으나 성능 미흡으로 다른 장소로 장비를 이전하는 문제가 있었다. 광주공항 VOR로 구성되는 항공로는 그림 6과 같이 광주에서 서울, 부산, 대구 및 제주방향인데, 성능 미흡이 발생한 항로는 R-96인 V543으로 표기하는 부산방향으로서 Roughness & Scalping이 3° 이내이어야 정상이나, 최대 43.9°가 발생하여 방위각 형성이 거의 안되는 상황이었다.

따라서 새로운 설치 후보지로 <그림 7>과 같이 5개소를 선정하고 DVOR 송신기에 기준신호용 중앙안테나만 연결한 후 이를 차량에 탑재하여 이동시키면서 항공기를 이용하여 변조도를 측정하였다. 이때 반송파 주파수 114.4 MHz에 30 Hz 진폭변조만하여 100 W의 전력으로 안테나에 공급하였다.

비행측정은 항공기를 부산항로의 방위각인 95° 방향으로 광주에서 부산을 향해 비행하거나, 이의 역방향으로 비행하여 실시하였고, 측정구간은 광주를 기점으로 약 3~22 NM이었으며, 고도는 이 항로에서 가장 낮은 8,000 ft에서 실시되었다.

5개 후보지에 대한 변조도 비행측정 결과를 그림 8에 나타냈는데, 기준신호 변조도의 정상값인 30%를 기준으로 VOR로부터의 거리에 따라 변조도의 변화값을 보여주고 있다. 제 1 후보지의 경우 5~6 NM에서 2~3%의 약한 변조도 변화가 있고, 또한 8~14.5 NM의 매우 넓은 범위에서 21~40% 이상의 많은 변조도 변화가 나타났다. 제 2 후보지는 7.5~14 NM까지에서 변조도가 변화하였고, 특히 8.5 NM 부근에서는 변조도가 20% 이하로 급격히 저하되는 현상이 있었다. 그러나, 제 3 후보지의 경우 8~10 및 12~13 NM의 좁은 범위에서 23~35%까지 비교적 적은 변조도 변화가 분석되었다. 그리고 제 4 및 5 후보지도 일부 구간에서 측정범위를 벗어나는 극단적인 변조로 변화를 보이는 등 변조도가 많이 흔들려, 제3 후보지가 변조도의 변화가 적어 가장 양호한 설치장소로 판명되었다.

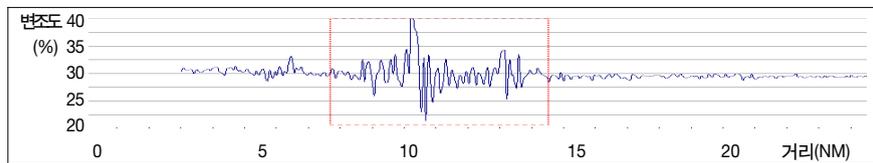
이를 <표 4>에 이를 요약하였는데, 제3 후보지의 변조도가 15.5% 변하여 가장 낮으며, 변조도의 변화거리 폭은 3.5 NM로서 제5 후보지 다음으로 좁으나, 4.5 NM 지점은 이미 설치하였던 장비의 오차가 나타났던 8~12 NM에서 멀리 있어 고려 대상이 아니므로 이를 제외하면 2.5 NM로서 제5 후보지와 같이 가장 좁아지므로 결과적으로 제3 후보지

표 4. 설치후보지 비행측정 결과 요약

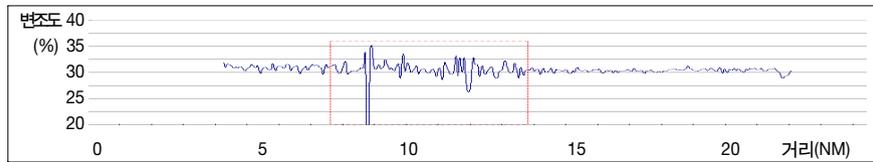
위치	변조도 폭		변조도 변화 거리	
	변화 분포(%)	최대 변화치	변화거리 폭(NM)	총 편차 폭(NM)
제1 후보지	20~40이상	20 이상	5~6, 8~13.5	6.5
제2 후보지	20이하~35	15 이상	7.5~13.5	6.0
제3 후보지	22.5~37.5	15.5	4~5.5, 8~10.5, 12~13	3.5 (앞쪽 제외시2.5)
제4 후보지	20이하~35	15 이상	7~11	4.0
제5 후보지	20~40이상	20이상	8.5~11	2.5

가 가장 양호한 설치 위치로 판명되었다.

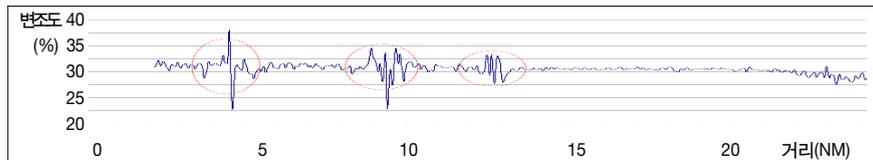
제3 후보지에 DVOR을 설치하고 후보지 평가시 사용한 동일 항공기 및 계측기를 이용하여 부산방면 최저고도인 8,000 ft에서 비행측정을 실시한 결과, 문제가 되었던 광주 VOR에서 10 NM 거리에서 처음에 설치하였던 장소는 <그림 9> 및 <그림 10>과 같이 기준신호 변조도는 18%, 방위각은 43.9° 이상의 오차가 있었으나, 제3후보지는 기준신호 변조도는 8%, 방위각은 3° 이내의 오차로서 정상적인 항로구성이 가능하게 되었다. 아울러 측정 결과에서 보면 변조도의 변화가 큰 지점에서 방위각 오차도 크게 나타나 변조도의 변화만으로도 방위각 오차를 미리 예측할 수 있음이 다시 입증되었다.



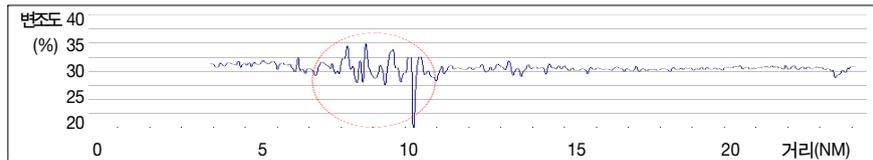
<제 1 후보지>



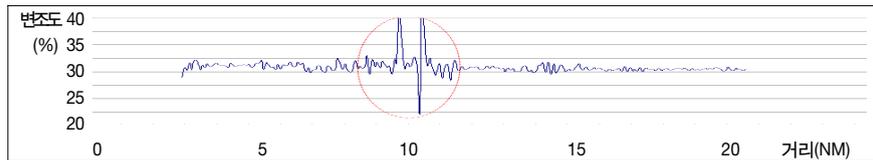
<제 2 후보지>



<제 3 후보지>

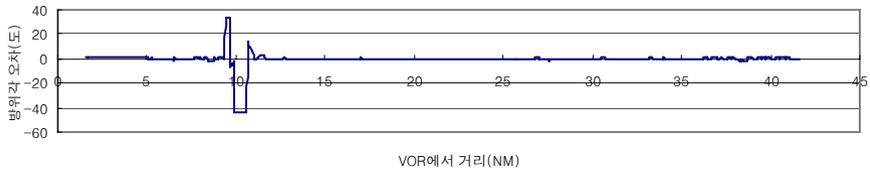


<제 4 후보지>

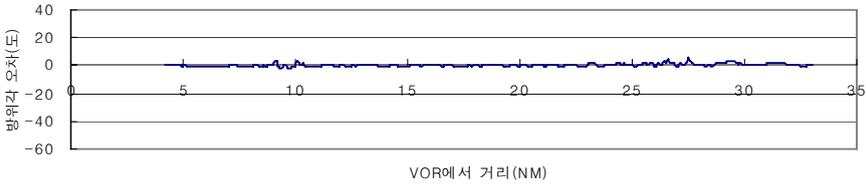


<제 5 후보지>

그림 8. 광주공항 DVOR 설치 후보지

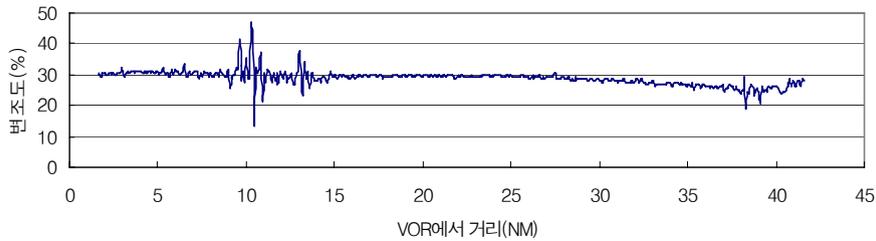


<처음 위치>

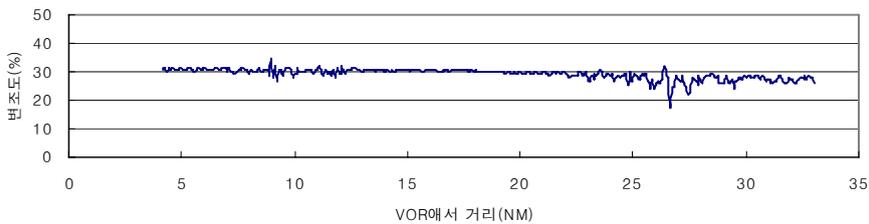


<제 3 후보지>

그림 9. 방위각 오차 비행측정 결과



<처음 위치>



<제 3 후보지>

그림 10. 변조도 비행측정 결과

IV. 결론

VOR은 가장 많이 활용되는 단거리 항공항법시스템이지만 VHF를 진폭 및 주파수변조하여 두 신호의 위상차로 방위각정보를 제공하므로 주변의 장

애물에 의거 성능이 많이 변하여 산악지대가 분포되어 있는 공항 등에 이를 설치할 경우에는 사전에 장비를 임시로 설치하여 성능을 확인하는 것이 필요하다. 그러나 현재 많이 설치되고 있고 장애물이 많은 지역에 사용을 권고하는 DVOR은 안테나 등

이 방대하여 이를 여러 장소에 이동시키면서 사전에 성능을 확인하는 것은 거의 불가능하다.

따라서 규모가 큰 측대파안테나와 카운터포이즈는 제거하고 송신기에 중앙안테나만을 연결하여 이동시키면서 성능을 검증하는 기법을 개발하였다. 이 기법으로 장비를 임시 설치한 후 비행측정을 통하여 변조도 변화량이 적은 장소를 설치장소로 선정하면 된다.

이러한 기법으로 광주공항의 5개소에 임시로 DVOR을 설치하고 비행측정을 실시한 결과, 제 3 후보지의 변조도 변화가 거리 8~10 및 12~13 NM의 범위에서 23~35 %로서 30 %기준에서 최소한으로 변화하여 가장 양호한 장소로 판단되었다. 그리고, 이 장소에 DVOR을 설치하여 비행측정을 실시한 결과, 처음 설치하였던 장소보다 방위각과 변조도 오차가 대폭 개선되어 성능이 국제기준을 만족함으로써 이 기법의 유용함이 입증되었다.

따라서, 산악지대와 같은 장애물이 많은 지역에 DVOR을 설치할 경우에는 이 기법을 활용하여 사전에 변조도의 변화량을 분석하여 설치장소를 선정함으로써, 장비를 설치한 후에 성능 미흡으로 이를 다시 이전하는 데 따른 비용 및 시간의 소모 등 여러 문제점을 해소할 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

[1] M. L. Meeks, "VHF Propagation over Hilly, Forested Terrain", IEEE Transactions on Antenna and Propagation, vol. AP-31, pp. 483-489, May 1983

[2] E. J. Martin, "Automated VOR Ground Check Techniques", IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems vol. AES-21, No. 2, pp. 257-261, March 1985

[3] S. R. Anderson and R. B. Flint, "The CAA Doppler VOR", Proceedings of the IRE. pp. 808-821, May 1959.

[4] ICAO, Annex 10(Aeronautical Telecomm.) to the Convention on International Civil Aviation, Volume I, pp. 134, July 1996

[5] 교통부 항공국, VORTAC/DME 유지보수지침서, pp. 171-172, 1982

박 형 택 (Hyeong taek Park)

정회원



1985년 동아대학교 전기공학과 (학사)
 1999년 인하대학교 교통대학원 (석사)
 2003년~현재 한국항공대학교 박사과정 수료
 <관심분야> 항법시스템, GNSS, Avionics, 항공기 인증 및 기술기준

황 병 원 (Byong won Hwang)

정회원



1972년 한국항공대학교 항공전자공학과(학사)
 1981년 동경대학교 전자공학과 (석사)
 1984년 동경대학교 전자공학과 (박사)
 1984년~1985년 국방과학연구소 선임연구원
 1993년~1994년 동경대학교 교환교수
 1985년~현재 한국항공대학교 항공전자공학과 교수
 <관심분야> 영상처리, 영상인식 및 음성인식, 동영상 신호처리, 교통류 해석 및 제어, ITS