

VOR 전파 감시방안에 관한 연구

A Study on the Monitoring of VOR

문정일*, 박동영**, 김백기**

Jeong-Il Moon*, Dong-Young Park** and Baek-Ki Kim**

요 약

VHF Omnidirectional Radio range (VOR)은 항행안전시설로 ICAO (International Civil Aviation Organization) 및 국내법규에 의해 1~2개의 고정된 지점에서 모니터용 안테나를 통해 전파의 상태를 감시하도록 하고 있다. 본 논문에서는 수신된 전파의 복조 파형을 이용하여 VOR의 전파를 감시하는 방안을 제안하였다. 제안된 방식은 기존 데이터방식의 단점을 보완하여 약 30%를 차지하는 불감지역이 제거되었고, 측정 지점보다 최대 좌우 20도 범위의 방위각에 대한 전파를 감시할 수 있었다. 시각적 분석을 통해 전반적인 전파패턴 감시 그리고 전파왜곡의 원인이 되는 대략적인 방위각도 일부 예측할 수 있음을 시험을 통해 확인하였다.

Abstract

VHF Omnidirectional Radio range(VOR) is used as an aircraft navigational aid. The VOR is a short-range air navigation system providing aircraft with its bearing relative to the ground station. The accuracy of a VOR must be checked in accordance with the current ICAO, FAA and domestic regulations. The primary purpose of performing VOR station ground checks is to minimize the need for expensive flight checks by determining the amount and direction of any course bearing inaccuracies being transmitted. In this paper we present current and advanced way of monitoring of VOR system. We verify this way by field test of the monitoring and it is a high performance way to achieve an improvement in accuracy and an effect compared to present monitoring system.

Key words : Omnidirectional Radio range(VOR), Air Navigation Aids System

I. 서 론

VHF Omnidirectional Radio range (VOR)은 1946년부터 미국에서 사용되기 시작하였고 그 정확성 및 안전성이 우수하여 급속도로 확산되어, 미국 내에만도 900개 이상의 VOR이 설치되었다. 국제민간항공기구(ICAO:International Civil Aviation Organization)는 1949

년 VOR을 국제표준시스템으로 정하여 각국에서 항공로 구성과 항공기의 이착륙 유도에 활용하도록 하고 있다. 또한 VOR의 기능을 안정적으로 유지하기 위해서 ICAO Doc8071의 Bearing Monitor 기능에 대한 요구조건과 국내 국토해양부 훈령[1][2]에 의해, 1~2개의 모니터 안테나에서 방위각 정보와 변조도 등의 정보를 감시하고, 3~4개의 고정된 지점을 설정하여 PIR(Potable ILS/VOR Receiver : 이동용 계기착륙 시설 수신기)을 통하여 주기적인 VOR의 동작 상태

* 한국공항공사 항공기술훈련원 (Civil Aviation Training Center, Korea Airports Corporation)

** 강릉원주대학교 정보통신공학과 (Dept.of Information and Telecommunication Eng. GangneungWonju National University)

· 제1저자 (First Author) : 문정일

· 투고일자 : 2010년 5월 27일

· 심사(수정)일자 : 2010년 5월 28일 (수정일자 : 2010년 6월 21일)

· 게재일자 : 2010년 6월 30일

를 분석하고 있다[3],[4],[5].

전 방향으로 전파가 방사되어 Azimuth정보를 제공하는 VOR의 특성상 정확한 전파의 상태를 감시하기 위해서는 VOR을 중심으로 모든 방위각에서 Azimuth 정보, 변조도 등 여러 파라메타를 모니터해야 한다. VOR 전파의 정확한 모니터를 하기 위해서는 비행검사를 통해 공중에서 전파패턴을 분석하는 것이 가장 이상적이다. 그러나 비행검사를 통한 점검은 많은 비용과 시간을 필요로 한다.

본 논문은 고정된 지점에서의 데이터감시방법의 단점을 보완하고, 보다 긴 주기의 VOR전파를 감시하는데 효과적 방안을 제안하고 이를 검증하였다. 제2장에서는 VOR 기준신호와 가변신호가 생성되는 원리와 항공기의 수신기 기본구성과 동작원리를 설명하였다. 제3장에서는 VOR의 국제 및 국내기준에 따른 지상점검 방식과 개선된 복조파형에 의한 전파감시 방법을 비교 설명하였다. 제4장에서는 현장시험 결과를 분석하였고, 5장은 결론으로 구성하였다.

II. DVOR(Doppler VOR)의 원리

2-1 DVOR의 개요

VOR은 NDB(Non-directional Beacon)의 단점을 보완하기 위하여 개발된 시설로 항공기에게 항공로를 제공하고, 방위각정보를 제공하는 표준항법시설이다.

VOR은 CVOR(Conventional VOR)과 도플러효과를 이용한 DVOR(Doppler VOR)로 구분되어진다. DVOR은 CVOR의 몇가지 단점을 보완하기 위해 개발된 방식으로 시설 외부환경에 의한 방위각 오차가 적다. 특히 산악지대와 주변 장애물이 많은 국내에서는 대부분 DVOR을 사용하고 있다. CVOR과 DVOR은 다른 방법을 사용하여 방위각 정보를 제공하지만 항공기 수신기는 공동으로 사용된다.

2-2 VOR 기준신호의 생성

VOR은 카운터포이즈 중앙에 1개의 캐리어 안테나와 48개~50개로 구성된 사이드밴드 안테나로 구성

되어있다. 캐리어 안테나에는 진폭 변조된 30Hz 기준신호가 공급되고, 사이드밴드 안테나에는 가변신호 정보가 공급되어 항공기의 VOR 수신기는 그림1과 같이 두 개의 30Hz 사인파형의 위상차이를 비교하여 방위각 정보를 얻는다[6],[7].

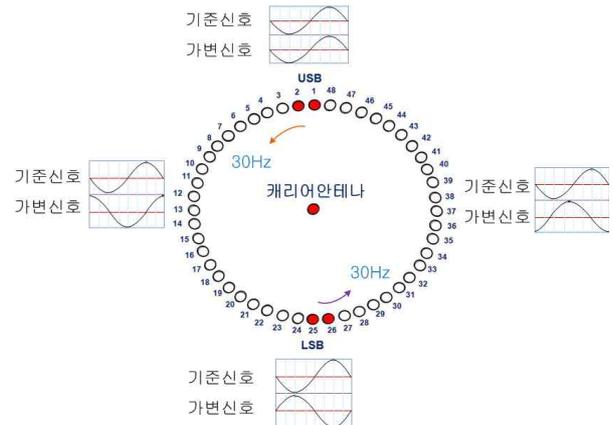


그림 1. 방위각 정보제공 원리 (위상비교)
Fig. 1. Operating Principle (Phase Comparison)

VOR 지상국에서는 360도 전 방향으로 동일한 위상을 갖는 AM변조된 30Hz의 기준 위상신호가 캐리어 안테나를 통해서 송신된다. 이 30Hz 변조성분은 DVOR 지상국을 기준으로 모든 방위에서 동일한 위상을 가지는 기준신호가 된다.



그림 2. 시험에 사용된 DVOR
Fig. 2. Experimental DVOR

그림2는 시험에 사용된 항공기술훈련원의 DVOR이고, 그림3은 사이드밴드안테나 분배장치로 LSB Sin, USB Sine, LSB Cos, USB Cos의 4개의 사이드밴드안테나 출력을 48개의 사이드밴드안테나에 공

급하는 기능을 하고 있다. 그림4는 수평면에서의 송신안테나 중 한 개의 구성을 보여주고 있다.

- r = 캐리어 안테나에서 SB안테나까지의 반경
- Φ = 항공기에서의 Azimuth angle
- γ = 안테나의 Azimuth angle
- R = 캐리어 안테나에서 항공기까지의 거리

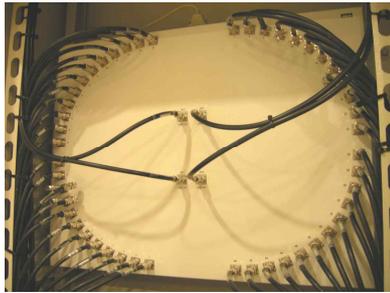


그림3. 사이드밴드안테나 분배장치
Fig.3. Distributor unit of sideband antennas

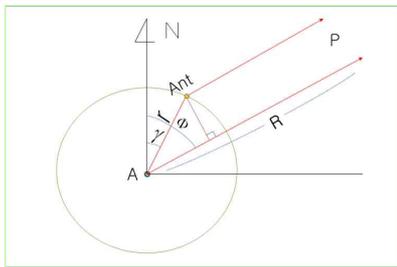


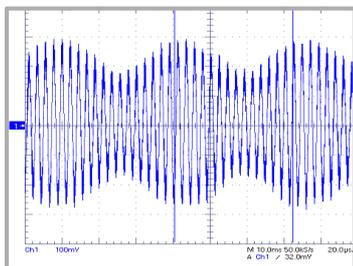
그림4. VOR 안테나 설치구조
Fig.4. The coordinate system for one Antenna

항공기에서 수신한 캐리어 안테나의 신호는

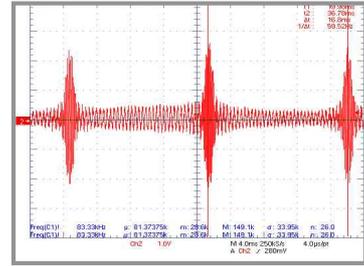
$$E_{carr} = \cos(\omega_1 t - \beta_1 R)(1 + m \cos pt). \quad (1)$$

이며, $\beta_1 = \frac{2\pi}{\lambda_1}$, m = 진폭변조 지수,

$f_1 = \omega_1 / 2\pi =$ 캐리어 주파수이다[8].



(a) Wave form at output of Carrier Antenna



(b) Wave form at input of Sideband Antenna #1

그림5. VOR 안테나 파형
Fig. 5. Wave form of VOR Antenna

2-3. VOR 가변신호의 생성

48개의 사이드밴드 안테나는 순차적으로 $f_c \pm 9960\text{Hz}$ 의 부반송파가 송신되어 도플러 효과에 의해 $\pm 480\text{Hz}$ 의 편이주파수가 발생하여 가변 위상신호가 만들어 진다. SSB(Single Sideband)의 경우 가변신호는 사이드밴드 안테나에서 1초에 30회 회전하며 순차적으로 송신되는데 항공기 수신기에서 보면 신호의 전계강도가 30Hz로 변하게 된다. 현재에는 방위 오차를 줄이기 위하여 DSB(Double Sideband)방식을 이용하고 있다[9].

가변위상신호가 도플러효과에 의해 주파수변조될 때 최대 주파수 편이 Δf 는 (2)식과 같고, 국제기준에 의해 $\pm 480\text{Hz}$ 로 되어야 한다.

$$\Delta f = \frac{vf}{c} = \pm 480\text{Hz}. \quad (2)$$

Δf 는 캐리어주파수와 사이드밴드 안테나사이의 직경에 관계 되는데,

$$\Delta f = r \times \frac{\pi f m}{\lambda} = 13.45(m) \times \frac{30\pi}{2.64} \text{이다.}$$

즉, $\Delta f = 480\text{Hz}$ 는 국제기준이므로 운용주파수에 따라 사이드밴드안테나의 직경이 변하게 된다.

48개의 Sideband 안테나에서 매 1/30초 마다 동시에 USB(Upper Sideband)와 LSB (Lower Sideband) 신호가 순차적으로 공급된다. Sideband 1번 안테나에서 USB 신호가 공급될 때 180도 정반대에 위치한 25번

Sideband 안테나에서 동시에 LSB 신호가 공급되는 것이다. 사이드밴드 안테나의 신호공급 회전주기는 $\frac{\rho}{2\pi}$ 이고, 안테나의 각속도는 $\gamma = \rho t$ 로 표시할 수 있다.

그림5(b)는 1번 사이드밴드안테나에 공급되는 신호이고, 주기는 60Hz이다.

또한, $\beta_2 = \frac{2\pi}{\lambda_2}$ 이고, 회전하는 안테나의 주파수 $f_2 = w_2/2\pi$ 일 때 항공기에서의 수신 하는 사이드밴드안테나 신호

$$E_{sb} = \cos[w_2 t + \beta_2 r \cos(\Phi - \rho t) - \beta_2 R] \quad (3)$$

이며, 순시주파수 f_{inst} 는 순시각속도를 미분함으로써 다음과 같이 얻을 수 있다[8].

$$f_{inst} = \frac{1}{2\pi} \frac{d}{dt} [w_2 t + \beta_2 r \cos(\Phi - \rho t) - \beta_2 R] \\ = f_2 + \frac{r\rho}{\lambda} \sin(\Phi - \rho t). \quad (4)$$

여기에서 시험에 사용한 VOR의 실제 운용 값을 대입하면,

$$r = 21.8 \text{ 피트 (6.71m)}, \quad \frac{\rho}{2\pi} = 30\text{cps} \\ f_2 = 113.6\text{MHz} \\ m_f = \beta_2 r = \frac{2\pi}{8.56} \times 21.8 = 16 \\ f_{inst} = 113.6 \times 10^6 + 480 \sin(\Phi - \rho t). \quad (5)$$

식 (5)에서 시간(t) 변화에 따라서 주파수 (Δf)가 $\pm 480\text{Hz}$ 변한다.

Δf 를 FM 검파를 하게 되면 가변신호 30Hz Sine 파형이 검출되어, 그림6과 같이 기준신호 30Hz Sine 파형과 위상을 비교하게 된다.

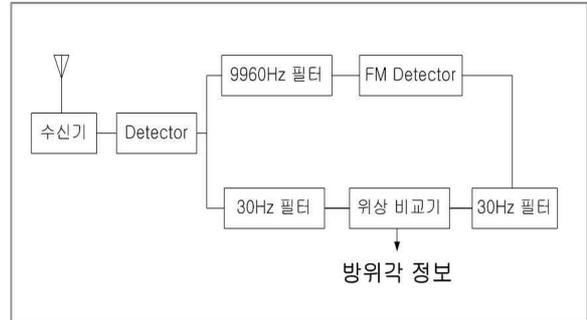


그림6. 항공기의 수신기 구성도

Fig. 6. Block diagram of VHF VOR Receiver

III. VOR 전파감시 방법 비교

3-1 현재의 전파감시 방식

ICAO 및 FAA(미연방항공국)규정과 국내 국토해양부고시와 항행안전무선시설의 설치 및 기술기준에서는 전방향표지시설의 전파 방사 전계 지역 내에 설치된 모니터 안테나를 통해 방위정보가 기준값에서 1도 이상 오차가 있을 경우와 부 반송파 또는 30Hz 진폭변조 신호가 15% 감소되는 경우를 감시하도록 하고 있다. 이러한 전파 감시방식은 고정된 특정 지점에서의 전파의 Azimuth 값과 변조도, Deviation등의 Parameter를 분석하는 방식이다[1],[2], [3],[4],[5]. 그림7에서 현재 국내에서 사용하는 대표적인 VOR장비의 데이터방식으로 처리되는 감시화면이다.

MON 1 - Measurement	
Timestamp	25.09.2009 12:41:50
Azimuth	84.56 deg
RF-Level	102 %
Distortion 9960Hz AM	63.7 %
30 Hz AM Depth	30.0 %
9960Hz AM Depth	31.0 %
FM Index	16.5
1020 Hz AM Depth	10.0 %
Identification Morse Code	TST
Distortion 30Hz FM	1.3 %
60 Hz Modulation	0.0 %
USB Distortion Received CSB	3.4 %
Distortion USB-LSB	24.5 %
Carrier Frequency	116899.7 kHz
USB Frequency	116909.6 kHz
LSB Frequency	116889.7 kHz
USB Received CSB	50 %
USB/LSB ADC Offset	38 %

(a)VOR ATM432 Monitor screen

```

KIMPO MON#1 MON#2 TX#1 TX#2 DME#1 DME#2 MODEM LOCAL DATE TIME
NML CIM CIM *CM CM *NML NML RCALL IDL 04/06/05 10:07:35
*****
B1/2 MONITOR 1/2 INTEGRTY DATA Field :04/06/05 10:05:35
    
```

	Low Limit	Data	High Limit
Azimuth angle	141.5	142.5	143.5 Deg
30HZ Modulation	28	30	32 %
9960HZ Modulation	28	30	32 %
9960HZ Deviation	15.2	16.2	17.2 Ratio
Field Intensity	-3	0	2 db

Identification Normal
(b) ASI1150 Monitor screen

그림 7. 현재의 데이터방식 감시화면
Fig. 7. Current Monitor screen

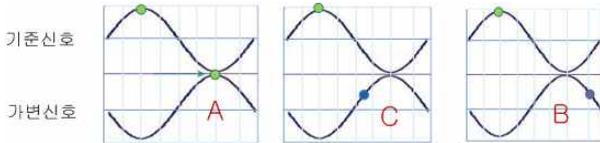


그림 8. Azimuth Angle 감시
Fig. 8. Azimuth Angle Monitoring

Azimuth 감시의 예를 들면, 그림8과 같이 A지점에서 기준신호의 위상과 가변신호의 위상 차이를 비교하여 방위각정보를 제공 하는 것이다. 즉, B나 C지점에서 전파 왜곡이나 기타 오차가 발생하더라도 A 지점 외에서는 인지할 수 없다. 또한, 기준신호와의 위상비교 값 이므로 오차의 발생 원인이 기준신호인지 가변신호인지 판별이 어렵다.

3-2 개선된 전파감시 방식

항공기의 VOR 수신기 또는 모니터 안테나에서 수신하는 VOR의 전체신호는

$$E_{total} = E_{carr} + (n \times E_{sb}) \text{ 이다. 즉,}$$

$$E_{total} = \frac{1}{R} \cos[w_1 t - \beta_1 R](1 + m \cos pt) + \frac{n}{R} \cos(w_2 t + \beta_2 R \cos(pt - \Phi) - \beta_2 R]. \quad (5)$$

그림10에서 보는것과 같이 항공기 또는 모니터 안테나에서 VOR 신호를 수신한 후 첫 번째 Detector의

출력은 전체 VOR 신호(E_{total})의 Envelope로

$$E_{total} = 1 + m \cos(w_2 t + m_f \sin pt) + n [\cos(w_2 t - \Phi) - 0.0445 \cos(w_2 t + 3\Phi)]. \quad (6)$$

이다[9],[10]. 식 (6)에서 두 번째 항목은 Subcarrier (9960Hz) BPF와 FM Detector를 통과하게 된다.

일반적으로 FM은 $f_i(t) = f_c + k_f m(t)$ 로 표시 되는데, FM 복조회로는 출력전압을 입력신호의 주파수에 비례하여 출력하는 미분회로가 사용된다.

미분기 전달함수는 $H(f) = j2\pi f = 2\pi|f| \angle 90^\circ$ 이므로 주파수 변조된 신호가 입력되면 복조되는 출력은,

$$S_{FM}(t) = \frac{d}{dt} [A \cos(2\pi f_c t + k_f \int_0^t m(\tau) d\tau)] = -2\pi A [f_c + k_f m(t) \sin(2\pi f_c t + k_f \int_0^t m(\tau) d\tau)]. \quad (7)$$

이다. VOR 신호의 가변신호를 얻기 위하여 미분된 신호를 포락선 검파하면,

$$2\pi A [f_c + k_f m(t)] \text{로 Envelope signal 이다.}$$

즉, 식 (6)에서 두 번째 항목을 미분하면,

$$\frac{d}{dt} (m_f \sin pt) = \rho m_f \cos pt \text{ 가 되고 이 신호}$$

에서 30Hz 가변신호가 만들어 진다.

식 (6)에서 세 번째 항목 $\cos(w_2 t - \Phi)$ 는 항공기 수신기의 30Hz 필터를 통과하여 기준신호가 만들어 진다.

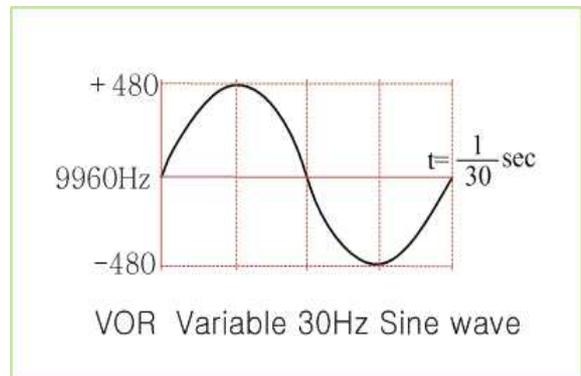


그림9 . FM 30Hz Sine Wave
Fig.9. FM 30Hz Sine Wave

이 기준신호와 그림9의 가변신호 위상을 비교하여 방위각정보를 제공한다. 모니터 값 중 FM 30Hz 변조도는 (6)식의 두 번째 항목을 9960Hz 필터를 통과한 신호 $m \cos(w_2t + m_f \sin pt)$ 를 FM 복조하여 얻은 30Hz Sine Wave의 변조도이다. 변조도를 변화시키는 가장 큰 요소는 $\pm 480\text{Hz}$ 주파수 편이(m_f)로 그림9와 같이 FM 30Hz 변조도는 부반송파 9960Hz의 도플러효과에 의한 $\pm 480\text{Hz}$ 주파수편이의 크기에 의해 비례한다.

이렇듯 기존의 데이터방식의 전파감시는 전파성분의 한 요소를 수치화한 정보로써 어느 한순간의 전파특성에 관한 정확한 자료를 제공한다. 그러나 전반적인 VOR 전파 감시는 그림9와 같이 두개의 복조파형을 동시에 이용하면 효과적이다.

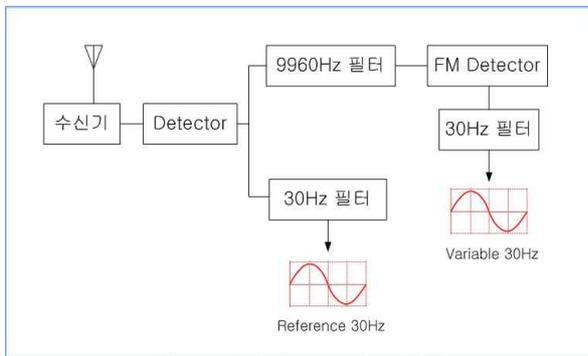


그림10. 개선된 감시방법 블록도
Fig.10. Improved Block diagram of Monitoring

그림10과 같이 기존의 데이터 중심의 전파감시 방식과 더불어 복조된 파형을 이용하여 전파를 감시 하면, 비록 고정된 1~2개의 지점에서 전파를 감시 하여도 전반적인 전파의 질을 예측할 수 있다. 즉, 모니터하는 방위각에 따라 최소 한주기(30Hz) 사이드밴드 안테나의 장애위치 및 크기의 추정이 일부 가능하다. 현장시험을 통해서 이러한 가능성을 검증한다.

IV. 시험 및 결과 분석

4-1 현장시험

주변 전파환경이 비교적 양호한 고정된 지점에 전

파감시 모니터 안테나를 설치하여 이동용 항행안전 시설 전파수신기 PIR자료와 30Hz 복조파형을 오실로스코프를 통해 비교 한다.

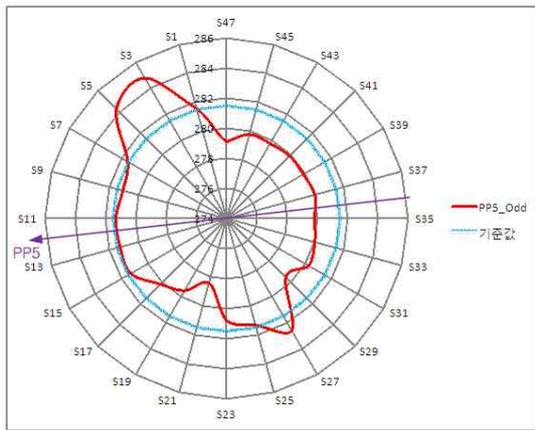
시험에 사용한 장비는 그림1의 항공기술훈련원 DVOR장비와 다른 두 곳의 지방 공항의 장비를 이용하였다. 전파를 모니터한 임의의 고정된 지점을 편의상 PP5, P1, CJ지점이라고 정하였고 DVOR 장비가 정상일 때 수신전파가 안정적이고 주변장애물이 없으며, 도플러효과가 충분히 발생하는 위치를 선택하였다. 그림11에서 PP5지점이라고 화살표로 표시된 곳이 전파 모니터 지점이고, 왜곡전파를 위해 사이드밴드 안테나 48개를 순차적으로 제거하여 시험하였다. S1은 1번 사이드밴드 안테나, S2는 2번 사이드밴드 안테나를 제거하였음을 의미한다. 또한 효과적인 분석을 위해 홀수 안테나와 짝수 안테나를 분리하여 그래프를 작성하였다. 특히 그림11에서 일반적인 감시 장비로는 전파왜곡 여부 판단이 어려웠으나, 수신된 전파의 복조파형을 이용하면 전파왜곡을 쉽게 판단할 수 있었다. 예를 들어 'SB36'은 사이드밴드안테나 36번 제거로 인해 전파왜곡이 발생하였으나, 기존의 수치형 감시방식으로는 방위각의 변화가 미미하여 전파의 이상 여부를 판단하기 어려웠다. 그러나 복조파형을 분석하면 쉽게 VOR 전파에 이상이 있음을 알 수 있다. 특히, 그림11과 같이PP5 지점의 총48개의 사이드밴드 안테나 중 16개소(33%)에서 복조파형의 왜곡이 나타나 전파이상을 감지할 수 있다.

위와 같은 방법으로 P1 지점에서 시험한 결과, SB18,19 및 SB20 그리고 SB24, 25등을 제거하였을 경우도 기존의 데이터수집 방식과 PIR에서는 전파이상을 감지할 수 없었다. 그러나 복조파형으로 감시하였을 경우 그림13의 (b),(c),(d) 및 그 외 10곳에서 전파왜곡을 확인할 수 있었다. 시험에 사용한 3곳의 VOR과 측정장비의 특성이 조금씩 상이하여 결과물 출력방식에 차이는 있었으나 동일한 시험결과를 얻을 수 있었다.

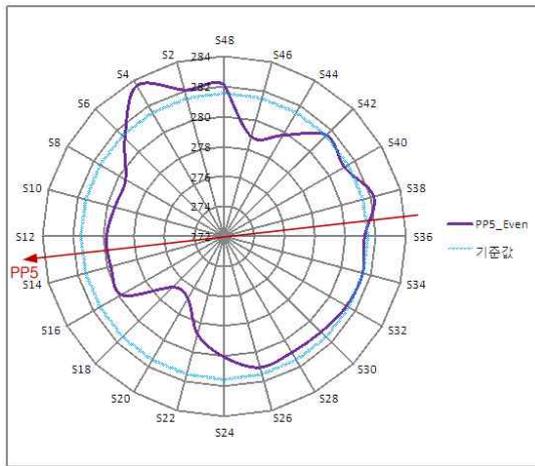
4-2 시험결과 분석

VOR의 전파패턴이 왜곡되어 잘못된 정보를 제공하는 경우 기존의 데이터 감시방식에서는 일부 특정

한 방향에서만 Azimuth의 변화를 감지 할 수 있었다. 특히, 전파왜곡이 발생한 방위각과 정반대방향 주변에서는 그림11, 그림13, 그림15와 같이 Azimuth의 변화가 데이터상으로 나타나지 않았다. 그러나, 복조파형을 이용한 전파 감시 방식을 이용하면 전파왜곡의 발생여부를 감지할 수 있었다. 그림17과 같이 PIR과 데이터감시방식은 고정된 측정지점에서 순간적인 시간의 전파특성을 수치화 한 반면, 복조파형을 이용한 분석법은 360도 방사되는 48개의 사이드밴드 안테나의 한 주기(30Hz) 이상의 전파특성을 시각적으로 분석함으로써 더욱 많은 정보를 알 수 있는 것이다.

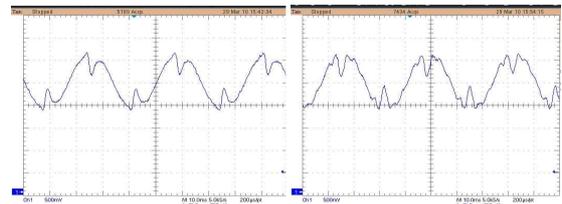


(a)



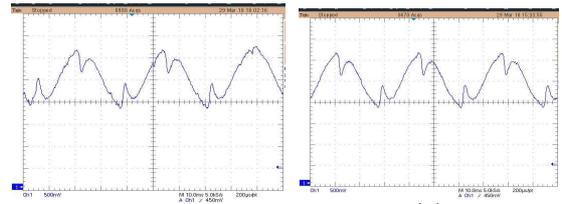
(b)

그림 11. PP5지점에서의 Azimuth
Fig. 11. Azimuth angles at PP5



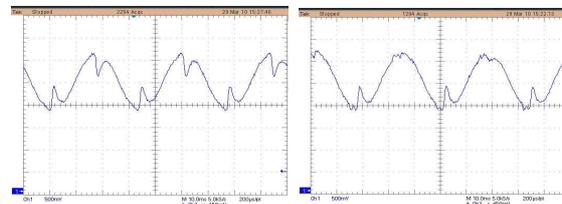
(a)SB1

(b)SB11



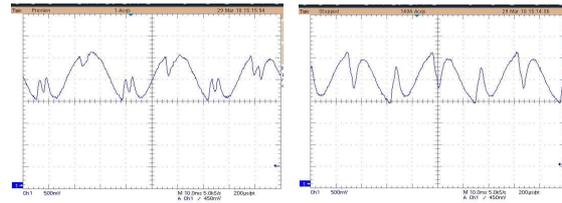
(c)SB17

(d)SB38



(e)SB42

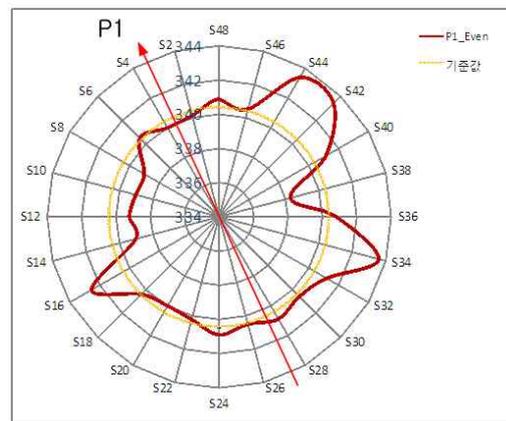
(f)SB45



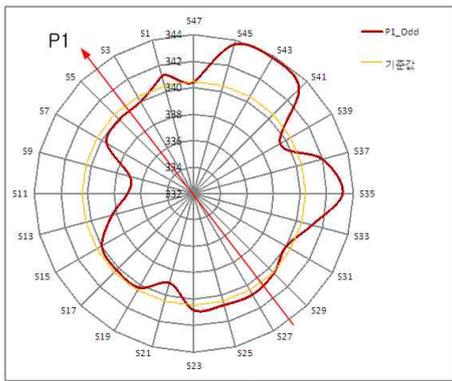
(g)SB46

(h)SB48

그림12. PP5 지점의 FM 복조파형
Fig.12. Demodulated wave forms at PP5

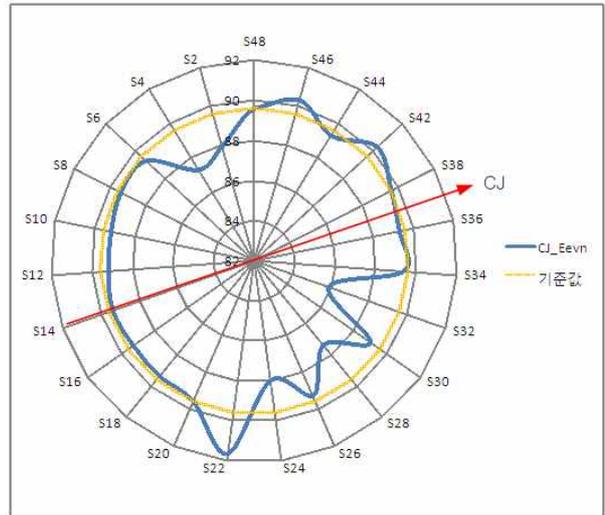


(a)

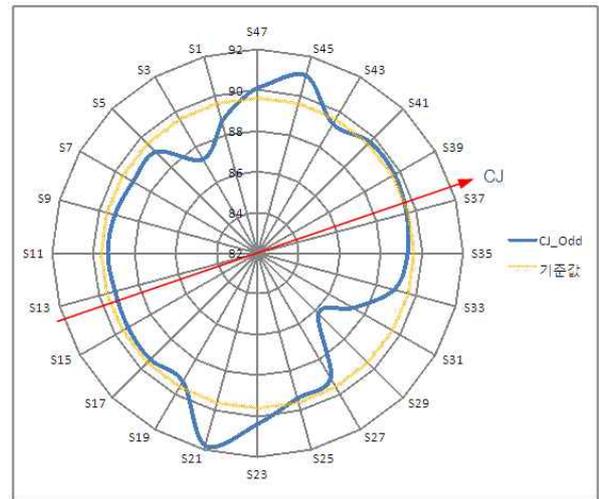


(b)

그림 13. P1지점에서의 Azimuth
Fig. 13. Azimuth angles at P1

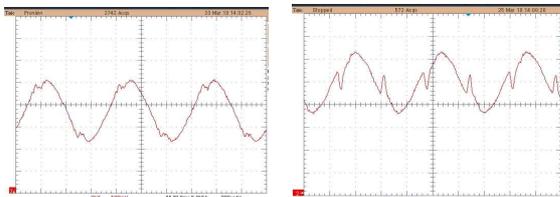


(a)



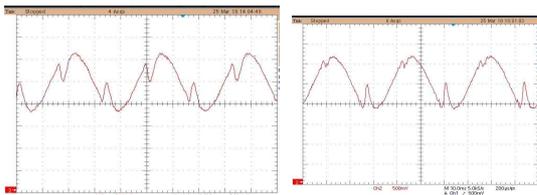
(b)

그림 15. CJ지점에서의 Azimuth
Fig. 15. Azimuth angles at CJ



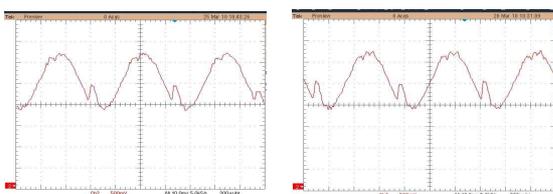
(a)SB1,2,3

(b)SB9



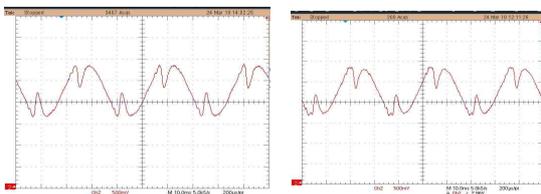
(c)SB11

(d)SB13



(e)SB20

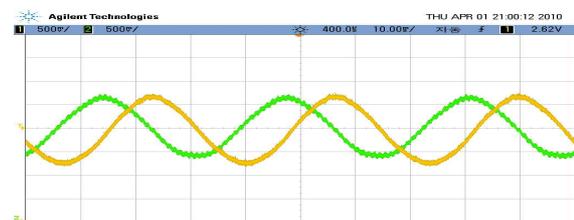
(f)SB26



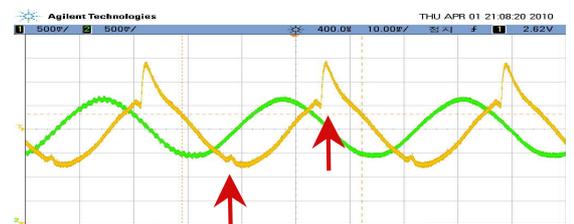
(g)SB32

(h)SB39

그림 14. P1지점에서의 복조파형
Fig. 14. Demodulated wave forms at P1



(a) Normal wave forms



(b) SB2

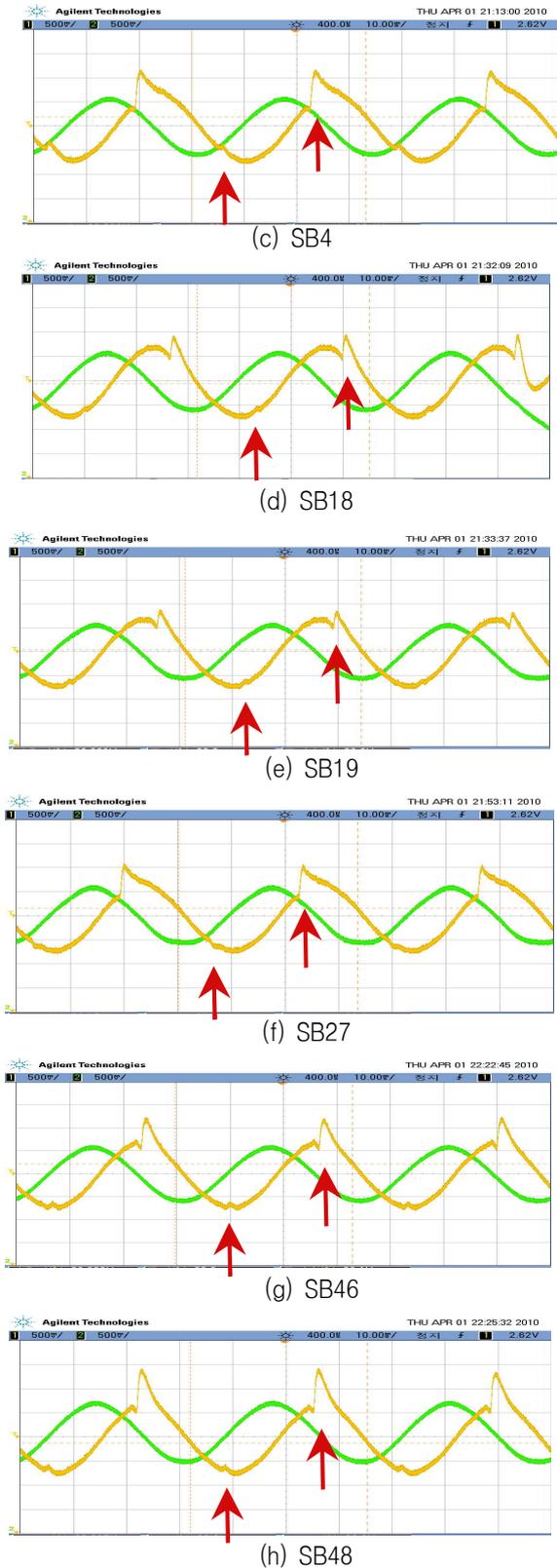


그림16. CJ지점에서의 복조파형
Fig.16. Demodulated wave forms at CJ

	Low Limits	DATA	High Limits
Azimuth angle	339.0	340.1	341.0
30HZ Modulation	28	30.1	32
9960HZ Modulation	28	29.2	32
9960HZ Deviation	15	16.2	17
Identification		Normal	

그림17. 고정지점에서의 감시화면 (P1_S15)
Fig.17. Results of Current Monitoring Screen

그림11, 13, 15에서 사이드밴드안테나를 1번에서 부터 48번까지 순차적으로 장애가 발생했을 때 최대 30%에서는 방위각 오차가 0.3도 이내로 일명 불감지대가 형성되었다. 그러나 개선된 방식에서는 그림16과 같이 모든 위치에서 전파왜곡을 감시하였고 또한 그림16(b) ~(h)에서 두개의 화살표로 표시하였듯이, 복조파형에서 왜곡된 부분의 위상이 순차적으로 이동하고 있음을 확인하였다. 전파왜곡의 원인이 되는 대략적인 방위각까지도 예측할 수 있음을 의미한다. 그림15에서 S14, S13를 중심으로 좌우 20도에서는 불감지역으로 전파왜곡을 감시 못하였으나 개선된 방식에서는 그림16과 같이 그 주변 방위각 까지도 감시하였다.

V. 결 론

본 논문은 기존의 데이터 방식의 전파감시방법과 더불어 복조된 30Hz 파형을 이용하여 VOR 전파를 감시하는 방안에 대해 살펴보았다. AM 과 FM 복조된 30Hz 정현파를 이용하여 전파를 감시하였을 때 보다 폭 넓은 방위각의 VOR 전파의 상태와 신뢰성 있는 방위각 정보를 제공할 수 있음을 증명하는데 중점을 두었다. 기존의 1~4개의 고정된 지점에서 몇 개의 Parameter에 의존했던 방식은 최대 30%에서 불감지대가 나타났다. 제안된 방식에서는 불감지대가 100% 사라져 모든 방위각에서 전파의 왜곡을 감시할 수 있었고, 사이드밴드 안테나에서 전파왜곡을 발생시키는 지점의 대략적인 방위각도 예측이 가능했다.

기존의 정량적인 데이터 분석방식과 더불어 시각화된 전파의 복조 파형으로 전파를 분석함으로써 VOR의 전반적인 전파특성이나 성능을 감시하는데 효과적임을 확인할 수 있었다.

감사의 글

이 논문은 2010년도 강릉원주대학교 교수연구년 연구 지원에 의하여 수행되었음

참 고 문 헌

- [1] 국토해양부, 항행안전무선시설의 설치 및 기술기준(고시제2009-1047호), 2009.
- [2] 국제민간항공 (ICAO), Doc8071, Manual, Vol I, Oct. 2002.
- [3] U.S. Department of Transportation Federal Aviation Administration, Order 6820.7B Maintenance of navigational aids facilities and equipment, Oct. 1988.
- [4] U.S. Department of Transportation Federal Aviation Administration, Order 6820.9 VOR, *VOR/DME, VORTAC Installation Standard Drawings*, Oct. 1988.
- [5] U.S. Department of Transportation Federal Aviation Administration, Order 6820.10 VOR, *VOR/DME, VORTAC Siting Criteria*, Oct. 1988.
- [6] Simbo Odunaiya, Ph.D. and David Quinet, "Calculations and analysis of signal processing by various navigation receiver architectures", *Avionics Engineering Center, Ohio University*, pp. 1.D.1.8~12, 2004.
- [7] H.C. Hurley, S.R. Anderson and H.F. Keary, "The CAA VHF omnirange", *Proc. IRE*, vol.39, pp. 1505~1520, Dec. 1951.
- [8] S.R. Anderson and R.B. Flint, "The CAAVHF omnirange", *Proc. IEEE*, vol.47, pp. 808~821, May. 1959.
- [9] K.Yamamoto and M.Nagaoka, "A Bearing error in the VHF omnirange due to sea surface reflection", *IEEE Transactions on antennas and propa- tion*, vol2. pp.

181~185, Apr. 1989.

- [10] H.Gruenberg, "Bearing Error in the VHF omnirange due to Scattering from wires", *IEEE Transactions on antennas and propagation*, VOL. AP-26, Nov. 1978.

문 정 일(文正一)



1995년 2월: 수원대학교

물리학과 (이학사)

2004년 2월 : 한국방송대학교

컴퓨터과학과 (공학사)

2008년 2월~현재 :

국립강릉원주대학교(석사과정)

1995년 6월 ~ 현재 : 한국항공공사

항공기술훈련원 항행시설 교수

관심분야: 항행안전시설, 전방향표지시설(VOR)

박 동 영(朴東泳)



1980년 2월 : 인하대학교

전자공학과 (공학사)

1985년 8월 : 인하대학교 대학원

전자공학과 (공학석사)

1995년 8월 : 인하대학교 대학원

전자공학과 (공학박사)

1990년 9월 ~ 현재 : 강릉원주대학교

정보통신공학과 교수

관심분야 : MVL, VLSI, ALU, 데이터 변환기 등

김 백 기(金栢起)



1985년 2월 : 경희대학교

전자공학과 (공학사)

1987년 8월 : 경희대학교 대학원

전자공학과 (공학석사)

1997년 2월 : 경희대학교 대학원

전자공학과 (공학박사)

1990년 9월 ~ 현재 : 강릉원주대학

교 정보통신공학과 교수

관심분야 : 디지털신호처리 등