

---

# 도플러 전방향 표지시설(DVOR) 가상 모니터링 시스템 설계 및 구현에 관한 연구

김경태\* · 윤준철\* · 장해동\* · 강석엽\*\* · 박효달\*

A Study on the Design and Realization of the Doppler VHF Omnidirectional Radio  
Virtual Monitoring System

Kyung-Tae Kim\* · Jun-Chul Yoon\* · Hae-Dong Chang\* · Suk-Youb Kang\*\* · Hyo-Dal Park\*

## 요 약

본 논문에서는 협소한 공간에서 예비용 도플러 전방향표지시설(DVOR)의 모니터링 시스템이 실제 운영 상태와 유사하게 동작할 수 있게 하기 위한 DVOR 가상 신호 발생기를 설계 및 제작하여 “DVOR 가상 모니터링 시스템”에 관하여 연구하였다. 설계·제작된 DVOR 가상 신호 발생기는 현재 운용중인 장비에서 발생하는 신호의 사양에 적합하도록 하였고, 파라미터의 가변으로 장비의 운영 조건을 맞추는 것이 가능하도록 하였으며, 회로구성은 크게 동기 입력부, 변조부, 고이득 증폭부 및 전원부로 하였다. 본 연구에서 설계·구현된 가상 신호 발생기를 이용한 “DVOR 가상 모니터링 시스템”은 측대와 발생 안테나와 같이 실제 시스템을 사용하지 않고도 좁은 공간에서 실제 상황과 같은 운용 상태를 구성 할 수 있어 저비용의 실전 교육용으로 사용하기에 매우 적합하다고 사료된다.

## ABSTRACT

This study designed and manufactured “a DVOR virtual signal generator” to make the monitoring system of preliminary Doppler VHF Omni-directional Radio Range(DVOR) run like its real operation status in a narrow space in order to study “a DVOR virtual monitoring system”. The designed and manufactured DVOR virtual signal generator is suitable for the specification of signal that is generated in the currently running equipment. In addition, it is possible to control operation conditions of equipment by using parameter variables, and the circuit construction is largely divided into the input part, the modulation part, the high-gain amplifier, and the power part. “The DVOR virtual monitoring system using the virtual signal designed and implemented in this study is very suitable to be used for low-cost actual education as it can construct the operation status like the real situation in a narrow space without using an actual system like an antenna generating side band.

## 키워드

도플러 전방향 표지시설, 항공항법시스템, 모니터링 시스템

## Key word

DVOR, Aeronautical navigation system, Monitoring system

---

\* 정회원 : 인하대학교 전자공학과  
\*\* 정회원 : (주)아이엔텍 (교신저자, int-ksy@hanmail.net)

접수일자 : 2010. 08. 23  
심사완료일자 : 2010. 09. 28

## I. 서 론

전방향표지시설(VOR: VHF Omnidirectional Range)은 국제민간항공기구(ICAO: International Civil Aviation Organization)에서 지정한 국제 표준 항공항법시스템으로 주로 공항 근처나 가시거리가 넓게 확보될 수 있는 산 정상에 설치되어 이착륙 또는 항행중에 있는 항공기에 VHF 대역(108~118MHz)을 이용하여 0°에서 360°까지의 방위각을 제공하는 장비로서 안전한 항공기 이착륙 및 운항에 필수적인 시스템이다[1].

VOR은 일반적으로 DME(Distance Measuring Equipment) 또는 TACAN(Tactical Air Navigation)과 병치되어 자북을 기준으로 한 지상 VOR국으로 부터의 항공기의 위치(즉, 방위각과 거리) 정보를 제공하여 항공기가 정해진 항공로를 따라 비행할 수 있도록 한다. 항공로 상에 설치되어 항공로를 구성할 때에는 Enroute VOR이라 하고, 공항에 설치하여 비정밀 계기착륙 보조시설로 사용되는 경우 이를 TVOR(Terminal VOR)라 한다.

한편 지상 VOR장비의 신호발생 방식에 따라 전통적인 8자형 측대파 신호를 사용하는 CVOR(Conventional VHF Omnidirectional Range)과 도플러 방식의 측대파 신호를 사용하는 도플러 전방향 표지시설(DVOR: Doppler VOR)로 구분되나 최근에는 정확도를 고려하여 일반적으로 DVOR을 많이 사용하고 있다[2].

현재 VOR 시스템은 인천국제공항에 2식을 비롯하여 국내에 총 30여 식이 설치되어 있으며 전 세계적으로 2,000여 식 이상이 설치되어 운용 중에 있다[3].

항공항법시스템 운용에 있어서 그 숙련도는 많은 시간이 요구되며 사소한 실수가 잠재적인 대형사고 발생의 위험을 내포 하고 있는 것을 고려하면 운용 기술자들이 실전에서 운용 기술을 숙달한다는 것은 대단한 부담으로 작용하고 있어 항공분야에서는 시뮬레이터 및 항행 시설 교육장을 개설하여 교육하고 있다[4]. DVOR은 항공기에 전 방향으로 방위각 정보를 제공하기 위해 캐리어 안테나 1개와 50개의 측대파 안테나를 이용하며, 또한 성능을 검증하기 위하여 약 200m 거리에 모니터 안테나를 설치하여 방사된 신호를 수신하도록 구성하여 운영되고 있다[5]. 즉 운용자들을 위해 지상에 설치되어 있는 DVOR의 성능 상태를 모니터 하는 능력을 숙달하는 교육을 위해서는 그림 1과 같은 측대파 안테나 및 모

니터 안테나가 설치되어야 모니터 시스템이 정상동작을 하며, 이를 위해서는 대단히 넓은 공간을 필요로 한다[1][6].

이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 협소한 공간에서 예비용 장비를 실제 상태와 같이 동작시켜 교육할 수 있도록 기준 신호와 가변신호를 생성해주는 DVOR 가상 신호 발생기를 설계 및 제작하여 “DVOR 가상 모니터링 시스템”에 관하여 연구하였다.



그림 1. DVOR 설치 예  
Fig 1. example of DVOR installation

본 구현을 통해 항로용으로 중요하게 사용되고 있는 DVOR 시스템 교육에 활용함으로써 항행 운용자들로 하여금 장비 운용 능력 향상 및 항행 무중단 운영에 기여하고자 한다.

본 논문의 구성은 2장에서 현재의 기본 이론에 대하여 서술하고, 3장에서는 목표하는 시뮬레이터의 설계와 구현에 대하여 서술하며, 4장에서는 구현된 연구 결과물의 측정과 실험 결과를 제시한다. 마지막으로 5장에서는 연구에 대한 결론을 맺는다.

## II. DVOR 이론

DVOR장비는 파원에 대하여 상대속도를 가진 관측자가 파동의 주파수가 파원에서 나온 수치와 다르게 관측되는 현상을 도플러가 음향현상에서 발견한 원리를 적용한 시스템이다. DVOR 시스템의 전체적인 블록 다이어그램은 그림 2와 같다[5].

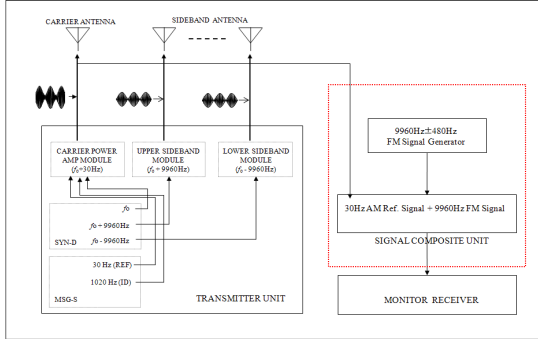


그림 2. DVOR 시스템 기본 구조  
Fig 2. Basic structure of a DVOR system

VOR 비이콘은 50KHz 채널 간격을 가진 VHF 대역 중 108MHz~117.975MHz 대역에서 한 개의 주파수를 사용하여 전송한다. 캐리어는 식(1)과 같이 변조 된다 [2][3].

$$V_{vor} = a_s \sin(\omega_s t + \phi_s) + a_c \sin[\omega_c t + \phi_c - \beta \cos(\omega_s t + \phi_m)] \quad (1)$$

여기에서 변조도는 30%이며,

$$\begin{aligned} a_s &= a_c \\ f_s &= \omega_s / 2\pi = 30 \text{ Hz} \\ f_c &= \omega_c / 2\pi = 9.960 \text{ kHz} \end{aligned}$$

$f_c$  는 FM 부반송파 주파수 이다.

그림 3은 VOR 시스템에서 사용되는 주파수 스펙트럼을 보여주는 그림이다[5].

DVOR 동작은 기준위상 및 가변위상이라고 부르는 반송파에 변조된 2개의 30Hz 신호간의 위상 차이에 근거를 둔다. 그림 3처럼 기준위상신호는 30Hz 정현파 신호로 진폭 변조 된 반송파에 의하여 얻어진다. 이 진폭 변조 된 신호는 중앙의 반송파 안테나에서 수평면으로 전 방향으로 복사된다. 복사패턴은 원형이며 방위각의 독자적인 위상으로 30Hz 신호를 항공기 수신기에 만들어 준다[2].

가변위상신호는 9960Hz의 주파수 변조된 부반송파로 반송파를 진폭 변조하여 얻어지며, 이 반송파의 진폭변조는 전방향으로 복사되는 반송파와 측대파 안

테나의 링(RING)으로부터 독특하게 분리 복사되는 상측파대 및 하측파대 신호의 공간 합성에 의하여 얻어진다.

상측파대 및 하측파대 신호는 반송파에 올바른 위상으로 추가될 때 각각 반송파 상·하로 평균 9960Hz 씩 벗어나며 9960Hz로 진폭 변조된 합성신호를 만든다. 부반송파는 30Hz비율로 주파수 변조된다[1][5].

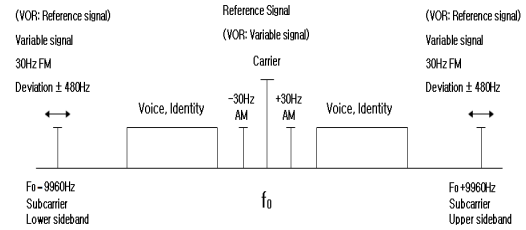


그림 3. DVOR 주파수 스펙트럼  
Fig 3. Frequency spectrum of the DVOR

### III. DVOR 가상 모니터링 시스템 설계 및 구현

본 연구에서 설계된 DVOR 가상 신호 발생기의 회로는 크게 동기 입력부, 변조부, 고이득 증폭부 및 전원부의 네 부분으로 구성하였다. 시스템의 전체 블록도는 그림 4와 같다.

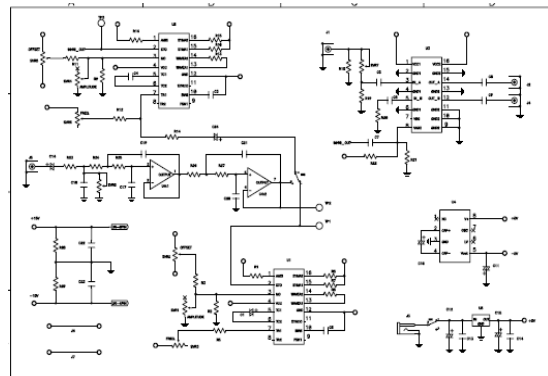


그림 4. 전체 블록도  
Fig 4. Overall schematic diagram

### 1. 주파수 변조부

그림 5은 주파수 변조부의 회로 구성이다. 변조부에는 높은 안정성과 정확성을 가진 고품질의 사인파, 사각파, 삼각파, 램프 및 펄스파를 만들어 낼 수 있는 EXAR사 XR-2206의 함수 발생기 집적 회로를 사용하였다. 출력 파형은 외부 전압에 의해 진폭 변조 및 주파수 변조될 수 있으며 운영 주파수는 0.01Hz 범위로 1MHz 까지 선택할 수 있다.

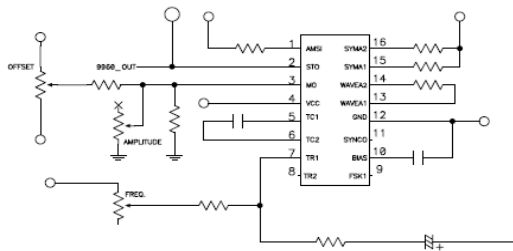


그림 5. FSK 변조부  
Fig 5. FSK modulator

DVOR 가상 신호 발생기 변조부의 발진 주파수  $f_o$ 는 7번 또는 8번 단자에 연결된 타이밍 저항 R, 5번 및 6번 단자에 연결된 외부 타이밍 커패시터 C에 의해 결정될 수 있다. 주파수는 식(2)에 의해 계산될 수 있으며 R과 C를 변화시킴으로써 조절 될 수 있다.

$$f_o = \frac{1}{RC} Hz \quad (2)$$

또한 발진 주파수는 7번 또는 8번 단자로 부터 유도된 전체 타이밍 전류  $I_T$ 에 비례하며

$$f = \frac{320I_T(mA)}{C(uF)} Hz \quad (3)$$

타이밍 터미널(7, 8번 단자)은 저 임피던스 점들이며 12번 단자와 관련되어 내부적으로 +3V로 바이어스 된다. 주파수는  $I_T$ 가 1uA에서 3mA까지 넓은 범위에 걸쳐 선형적으로 변화된다. 그림 6는 주파수 스위프에 대한 회로 연결도이다.

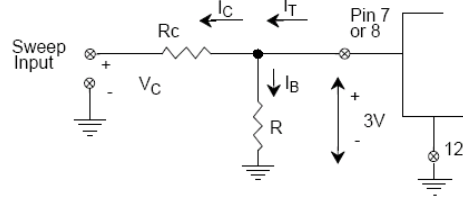


그림 6. 주파수 스위프 회로  
Fig 6. Circuit for frequency sweep

주파수는 그림 7에서 보는 것처럼 제어 전압,  $V_C$ 를 활성화된 타이밍 단자에 적용함으로써 제어 될 수 있다. 발진 주파수는 식(4)처럼  $V_C$ 에 관련되어 진다.

$$f = \frac{1}{RC} \left(1 + \frac{R}{R_C} \left(1 - \frac{V_C}{3}\right)\right) Hz \quad (4)$$

전압 대 주파수 변환 상수 K는 식(5)와 같이 주어진다.

$$K = \frac{\delta f}{\delta V_C} = -\frac{0.32}{R_C C} Hz/V \quad (5)$$

### 2. 저주파 필터부

장비에서 싱크 신호를 받기 위해 저주파 필터부를 고안하여 적용하였다. 장비에서 나오는 동기 구형파 신호는 피크 투 피크 전압이 18V가 나와 주파수 변조부에서 이 신호를 사용하기에는 진폭이 커서 심한 왜곡을 발생시킨다. 이를 입력에 적절한 레벨로 맞추어 공급해야 한다. 또한 주파수 변조부 입력단에 사인파를 입력시키기 위해서는 구형파를 사인파로 변화 시키는 필터가 필요하다.

본 가상 신호 발생기 필터부에서는 AD712 연산증폭기를 적용했다. AD712는 저렴한 가격에 고성능을 제공하는 고속, 정밀한 모노리틱 연산증폭기이다. 이 연산증폭기의 우수한 AC 및 DC 성능은 능동 필터 응용 분야에 적합하도록 되어있다. 슬루율 16V/us, 세트링 타임 1us, 88dB의 공통 모드 제거비 및 400 V/mV의 오프 루트 이득을 가진 AD712는 12비트 D/A 및 A/D 컨버터 버퍼 및 고속 적분기로 이상적이다. AD712를 능동 필터로 사용하기 위해서는 증폭기의 DC 정확성이 최적 필터 성능의 척도이다. 증폭기의 오프셋 전압 및 바이어스 전류는 출

력에서 오차를 야기 할 수 있다. 오프셋 전압이 필터를 통과하지만 그와 동시에 증폭되어 과도한 출력 오프셋을 야기 할 수 있다. 저주파에 적용할 경우 커다란 값의 저항이 필요로 하기 때문에 이 저항을 통하여 흐르는 바이어스 전류도 또한 오프셋 전압을 야기 할 수 있다. 고주파의 경우에 연산증폭기 동작 범위가 조심스럽게 고려되어야 한다. 그러한 이유로 능동 필터 선정 시 슬루율, 대역폭 및 오픈 루프 이득 파라미터가 중요하다.

그림 7은 2단 버트워드 저주파 필터를 구성된 AD712를 보여준다.

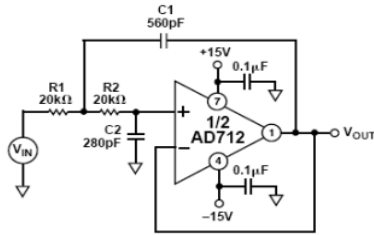


그림 7. 2단 저주파 필터  
Fig 7. Second order low pass filter

코너 주파수는 20kHz 이지만, AD712는 수 백 kHz까지 높게 코너 주파수를 사용할 수 있다. 디바이스 선정시 사용되는 방정식은 다음과 같다.

$$R1 = R2 = (\text{typical values} : 10k\Omega - 100k\Omega) \quad (6)$$

$$C1 (\in \text{farads}) = \frac{1.414}{(2 * \pi)(f_{\text{cutoff}})(R1)}$$

$$C2 = \frac{0.707}{(2 * \pi)(f_{\text{cutoff}})(R1)}$$

본 가상 신호 발생기에서 적용된 회로도 AD712 연산증폭기를 이용하여 사인파를 생성한 회로를 그림 8처럼 구현하였다.

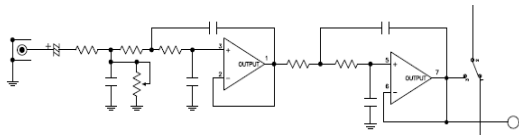


그림 8. 사인파 발생 회로  
Fig 8. Sinusoidal generator circuit

### 3. 변조부

SA5209는 전압 이득 및 제어 전압 사이에 우수한 선형성을 보여준다. 충분한 선형성을 가진 덕택에 SA5209를 사용하여 충실도가 높은 진폭 변조가 가능하다. VOR 가상 신호 발생기에서는 파워가 높은 입력 신호와 주파수 변조 신호를 입력 받아야 하기 때문에 SA5209 소자를 선택하였다.

소스 임피던스는 두 개의 다른 성능 파라미터인 이득 또는 노이즈 성능 관점에서 선택 될 수 있다. 이득 최적화는 입력 임피던스가 약 1KΩ에 매칭된다면 최적화 될 수 있으며 4대1 발룬이 50 Ω 소스원처럼 광대역 매칭을 제공한다. 노이즈 성능은 입력 임피던스가 약 200Ω에 매칭된다면 최적화 될 수 있다. 역시 2대1 발룬을 통해 광대역 매칭을 달성 할 수 있다. 최소 잡음지수는 약 7dB 정도가 되며 최대 이득은 단일 출력 일 경우 약 23dB가 될 수 있다. 만약 차분 출력이 사용되고 적절하게 매칭되었다면 약 30dB까지 실현될 수 있다.

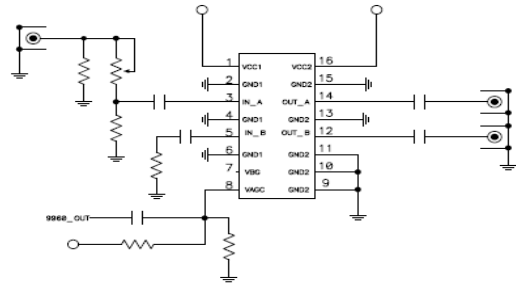


그림 9. 고이득 증폭부  
Fig 9. High gain amplifier

그림 9는 RF 입력으로 -40dBm과 주파수 변조를 받아 증폭하는 고이득 증폭기 이다. 출력부는 모니터 신호와 연결될 수 있도록 구성하였다.

## IV. 측정 및 실험 결과

VOR은 FAA Order 7110.10J 에 규정되어있는 것 처럼 항공관제소, 항공교통관제사가 항행시설의 운영 상태를 모니터링하기 위해 필요로 하며 인천공항은 “감시” 등급(Category)은 1등급으로 운영되어야 한다[7]. 이 시설

의 “감시” 등급은 항공교통관제사에 의하여 전자적인 모니터의 지시를 사람이 감시 하는가, 하지 않는가에 의하여 주로 결정되며 카테고리 1등급 시설은 자동 코스 정렬(Automatic course alignment) 및 신호 모니터가 장착 되어야 하고, 자동전환 및 운용중지 능력을 갖추도록 되어 있다. 그러므로 본 연구에서는 실제 환경에서 구현된 것처럼 구성하기 위해 모든 신호를 국제기구에서 설정된 파라미터 수치를 현시하도록 하여야 한다[1][6]. 따라서 RF 레벨 민감도 및 변조도를 적정값으로 설정해주어야 한다. 신호 모니터 파라미터는 표 1과 같은 표준치 및 허용오차를 갖고 있어야 한다[7].

표 1. 모니터 신호 허용  
Tab 1. Moitor signal tolerance

모니터 신호	하한치	표준치	상한치
1) Azimuth angle			
Monitor #1	-1°	기준치	+1°
Monitor #2	-1°	기준치	+1°
2) 30Hz Modulation	28%	30%	32%
3) 9960Hz Modulation	-2%	설정치	+2%
4) 9960Hz Deviation ratio	15.4	16.0	16.6
5) Ident. Modulation	-1%	설정치	+1%

VOR 가상 신호 발생기 측정에는 애드락(Adtracs) 프로그램, Agilent사의 E4411B 스펙트럼 분석기, Tektronix사의 TDS3012 오실로스코프 등의 측정 장비를 사용하였다.

장비에서 직접 RF 입력 신호를 받아야 하기 때문에 RF 입력 신호를 적절한 입력 수준으로 변환하여야 한다. 인천공항에서 사용하는 VOR 장비는 100W 또는 50W를 사용할 수 있도록 되어 있다. 인천 공항은 터미널 용으로 사용하기 때문에 50W로 사용하고 있다. 그리고 애드락 장비에서 파워를 조정할 수 있으며 VOR 가상 신호 발생기 수신 입력에 맞추기 위해서는 여러 파워 세팅을 실시하였다. 그림 10, 11에서 보는 것처럼 0.4W가 최적 파워임을 확인하였고, 실제 RF 입력으로 사용하기 위해서는 상당한 감쇄를 해주어야 한다. 여러 감쇄 비율을 이용하여 SA5209 입력레벨을 시험한 결과 0.4W에 외부에 30dB 감쇄기와 3dB 감쇄기를 사용하는 것이 최적의 입력레벨이 됨을 확인 하였다. 다른 감쇄

비율로 적용할 시 RF 레벨이 심하게 변동 됨을 확인할 수 있었다. 애드락 장비에서 파워를 0.4W에서 -33dB로 감쇄시 RF 수신 레벨이 -40dB로 SA5209 입력으로 적정함을 확인하였다. 참고로 0.3W에서 0.7W까지의 변화치를 포함시켰다.

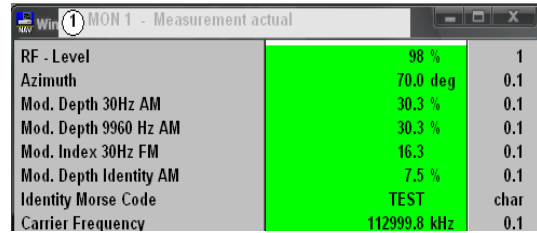


그림 10. 모니터 수치  
Fig 10. Measurment monitor value

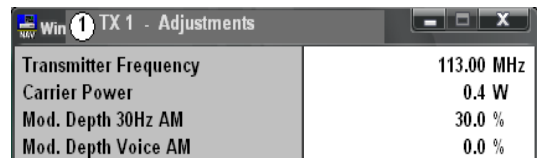


그림 11. 송신기 파라미터 조정  
Fig 11. TX parameter Adjustments

표 2. 캐리어 파워 대 RF 레벨 수치(40dB 감쇄기)  
Tab 2. Carrier power vs. RF/AM values(40dB att.)

송신 파워	RF 레벨	AM 변조도
0.3W	86%	9.7%
0.4W	98%	30.3%
0.5W	100%	33.8%
0.6W	107%	32.0%
0.7W	113%	27.3%

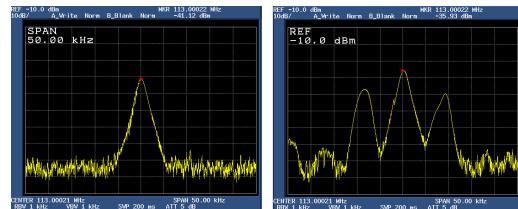


그림 12. RF 파워 입력 및 출력 파형  
Fig 12. RF power input and output waveform

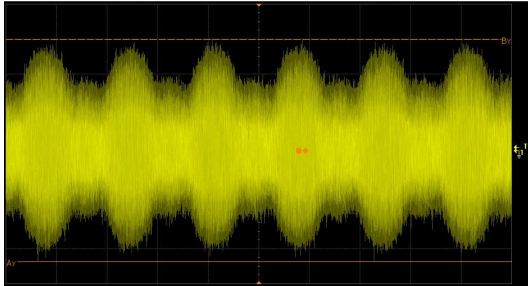


그림 13. 최종 AM 출력 파형  
Fig 13. Final AM output waveform

RF 입력 변동시 진폭 변조 값도 같이 변하게 됨을 확인 할 수 있었다. RF 입력은 기준신호로 사용되기 때문에 RF 입력을 적정 값을 찾는 것이 상당히 중요하다. 그림 12은 각각 캐리어 파워 대 파워 레벨에 대한 측정 데이터와 출력 파형을 보여주는 그림이다. 그림 13는 최종 단에서 진폭 파형을 측정된 것으로 표 2에서 보는 바와 같이 송신 파워를 0.4W 근처로 설정시 최적의 RF 레벨과 변조도가 얻어지는 것을 확인 할 수 있다. 또한 장비에서 발생된 신호를 이용하면 방위각이 변하지 않고 일정하게 유지하고 있음을 확인 할 수 있다.

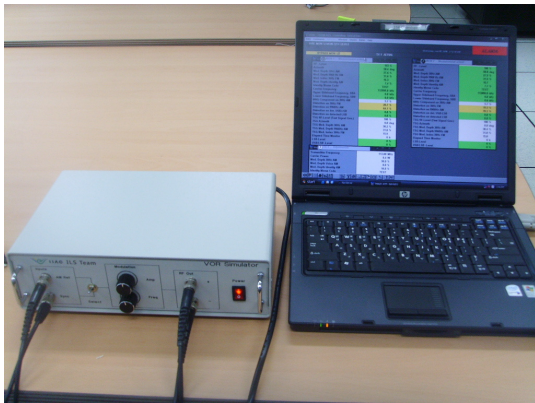


그림 14. DVOR 시뮬레이터 시스템  
Fig 14. DVOR simulator system

## V. 결론

DVOR 시스템을 교육용으로 활용하기 위해서는 송신기, 안테나 스위칭 및 캐리어/사이드밴드 안테나가 필

요하다. 현실 여건상 안테나 및 카운터 포이즈를 사용해서 시험용으로 사용하기 위해서는 많은 경비와 부지가 확보되어야 한다[1][3]. 본 논문에서는 이러한 어려움을 해결하기 위해 그림 14에서 보는 것처럼 DVOR 송신기만을 이용해 직접 신호를 생성해 모니터링 시스템이 작동하도록 하는 방안에 대해 연구하였다.

VOR은 기준신호와 가상 신호를 이용하기 때문에 가변 신호를 생성하는 것이 관건이었고 또한 방위각의 변화가 둔감하도록 하는 방안이 필요했다. 기준신호는 장비에서 나오는 신호를 이용해 기준 신호를 추출해냈고 가변 신호는 XR-2209소자를 이용해 FM 신호를 생성해 가변신호를 만들어 냈다. 하지만 생성된 가변 신호의 방위각이 매우 민감하게 변해 유효한 신호를 제공하지 못했다. 가변 신호의 기준 동기 신호를 제공해 방위각의 변화가 발생하지 않도록 장비에서 제공하는 구형파 신호를 기준신호로 활용하여 방위각의 변화가 없도록 하였다. 또한 RF 입력에 따라 진폭 변조도와 RF 레벨이 심하게 변동되는 것을 확인 할 수 있었으며 송신 파워를 낮추기 위해 감쇄기를 사용하였는데 감쇄기에 따라 모니터 수치도 심하게 변동되는 것을 확인 할 수 있었다. VOR은 항로 및 터미널 용으로 항공관제에 없어서는 안 되는 장비로 DVOR 시스템 장애 시 신속 대처 및 장비 파라미터 이해 등을 위해 교육 장비가 상시 필요하며, 점검자가 점검 시간외에도 가상모니터링 시스템을 이용해 실제 운용 환경의 장비를 접해 볼 수 있는 테스트 베드 시험실이 필요하다. 이런 문제점들을 해결하기 위한 가상 모니터링 시스템을 개발함으로써 예비 장비 장착 테스트 및 교육용으로 활용시 상당한 도움을 제공할 것으로 사료되며 아울러 무중단 운영에 크게 일조할 것으로 본다.

본 연구에서 적용하지 못했으나 내부적으로 가변 신호를 생성하고 외부에서 방위각이 조정되도록 하는 부분이 추가 된다면 좀 더 우수한 가상 모니터링 시스템에 구성될 것으로 사료된다.

## 참고문헌

- [1] International Civil Aviation Organization, "Aeronautical Telecommunications Annex 10". July 1996.
- [2] Anderson S. R., and Flint R. B., "The CAA Doppler

Omnirange", Proceedings of the IRE vol. 47, No. 5, May 1959, Pp. 808-821.

- [3] 박형택 황병원, "원거리 장애물이 VOR에 미치는 영향의 비행측정 및 분석, 한국항해학회", 2008.
- [4] 국토해양부 고시 제338호, "항행안전시설 유지보수자 교육훈련 규정"
- [5] Thales ATM "DVOR 432", 2004.
- [6] Doc 8071 Volume I Fourth Edition " Manual on Testing of Radio Navigation AIDS", 2000.
- [7] 인천국제공항, "ILS/VOR 유지보수교범", 2008.



**김경태(Kim-Kyung-Tae)**

1997년 2월 서울산업대학교  
전자공학과(공학사)  
2005년 2월 인하대학교  
전자공학과(공학석사)

1997년 ~ 현재 인천국제공항 공사 근무  
2005년 3월 ~ 현재 인하대학교 전자공학과 박사과정  
※ 관심분야: 항공통신/항행, RF/안테나 설계



**윤준철(Jun-Chul Yoon)**

2006년 2월 한국산업기술대학교  
전자공학과(공학사)  
2008년 2월 인하대학교  
전자공학과(공학석사)

2009년 3월 ~ 현재 인하대학교 전자공학과 박사과정  
※ 관심분야: 컴퓨터구조, 컴퓨터네트워크, 무선통신



**장해동(Hae-Dong Chang)**

1996년 2월 국립강원대학교  
전자공학과(공학사)  
2005년 2월 인하대학교  
전자공학과(공학석사)

2009년 9월 ~ 현재 오하이오 주립대학 박사과정  
※ 관심분야: 전자장이론, 안테나설계



**강석엽(Suk-YoubKang)**

1997년 2월 인천대학교  
전자공학과(공학사)  
1999년 2월 인하대학교  
전자공학과(공학석사)

2005년 8월 인하대학교 전자공학과(공학박사)  
2006년 8월 ~ 2010년 8월 한국해양대학교 연구교수  
2010년 8월 ~ 현재 (주)아이엔텍 대표이사  
※ 관심분야: 초고주파공학, 무선통신 시스템,  
항공통신 시스템, 전자장이론, 안테나설계



**박효달(Hyo-Dal Park)**

1978년 2월 인하대학교  
전자공학과(공학사)  
1984년: (불)국립항공우주대  
전자공학과(공학석사)

1984년: (불)국립항공우주대 전자공학과(공학박사)  
1992년 ~ 현재 인하대학교 전자공학과 정교수  
※ 관심분야: 항공통신 시스템 설계, 초고주파 공학,  
전자장이론, 안테나공학