

# 방위각 센서 시험 장치 제작

이승주<sup>1</sup>, 장세종<sup>1</sup>, 김은애<sup>1</sup>, 손대락<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>대전광역시 유성구 유성대로 1646, 509호, (주)센서피아  
<sup>2</sup>대전광역시 대덕구 오정동 133, 한남대학교 광·센서공학과

## 1. 서론

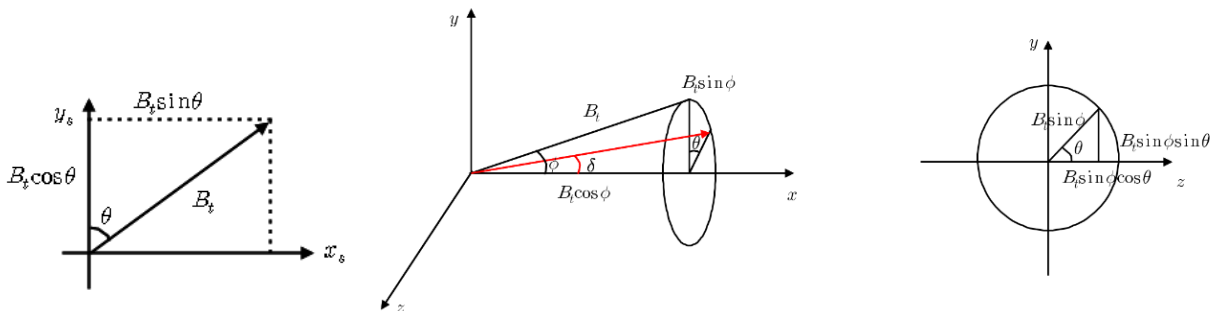
본 장치는 3축 Helmholtz 코일에 자기장을 인가하여 flux-gate형 방위각 센서의 자기장 크기 및 각도 오차와 azimuth, magroll 오차를 측정할 수 있는 장치로서, 좌표계 변환 matrix를 이용하여 방위각 센서의 좌표축과 3축 Helmholtz 코일 좌표축을 일치시키지 않고, 방위각 센서 좌표계에서 x-y, x-z, y-z 평면에 원하는 자기장 크기를 0.1도 이상의 간격으로 반시계 방향으로 회전시키면서 방위각 센서의 자기장 크기 및 각도 오차를 측정할 수 있게 하였다. 또한, 방위각 센서의 accelerometer 측정 데이터를 이용하여 방위각 센서의 좌표축과 3축 Helmholtz 코일 좌표축을 일치시킨 후, 방위각 센서의 azimuth와 magroll 오차를 측정할 수 있었다.

좌표계 변환 matrix를 구하는 방법으로는 좌표변환 행렬식으로 부터 3축 Helmholtz 코일  $B_x$ 에 50  $\mu\text{T}$ 인가 후  $B_{x_s}, B_{y_s}, B_{z_s}$ 를 측정하여  $T_{11}, T_{12}, T_{13}$ 를 결정하고, 이와 동일한 방법으로  $B_y, B_z$ 에 각각 50  $\mu\text{T}$ 인가하여  $T_{21}, T_{22}, T_{23}, T_{31}, T_{32}, T_{33}$ 를 결정하여 역행렬을 구함으로써, 방위각 센서 좌표계에 필요한 자기장 성분을 발생시키기 위한 Helmholtz 코일 좌표 시스템의 자기장 값을 구할 수 있으며, 다음의 수식을 이용하여 3축 Helmholtz 코일에 자기장을 인가하여 방위각 센서의 azimuth, magroll오차를 측정할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} B_{x_s} \\ B_{y_s} \\ B_{z_s} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_{11} & T_{12} & T_{13} \\ T_{21} & T_{22} & T_{23} \\ T_{31} & T_{32} & T_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B_x \\ B_y \\ B_z \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} B_x \\ B_y \\ B_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} B_{x_s} \\ B_{y_s} \\ B_{z_s} \end{bmatrix}$$

$B_{x_s}, B_{y_s}, B_{z_s}$ : 방위각 센서 좌표계,  $B_x, B_y, B_z$ : Helmholtz coil 좌표계

(a) 좌표계 변환 matrix



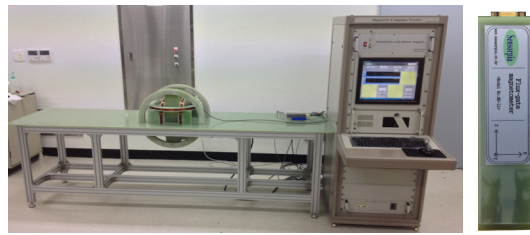
(b) 각도( $\theta$ ):  $\tan\theta = \frac{\sin\theta}{\cos\theta}$  (x-y평면), Azimuth( $\delta$ ):  $\tan\delta = \frac{B_t \sin\phi \cos\theta}{B_t \cos\phi}$ , Magroll( $\theta$ ):  $\tan\theta = \frac{(B_t \sin\phi) \sin\theta}{(B_t \sin\phi) \cos\theta}$

그림 1. 좌표계 변환 matrix 및 각도, Azimuth, Magroll 수식

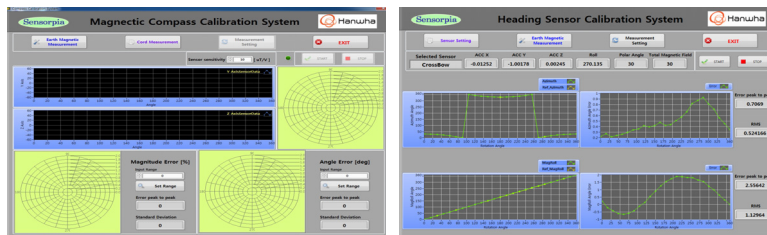
## 2. 장치 제작 및 측정 프로그램

방위각 센서 시험 장치는 지구자기장을 보상하고, 자기장을 인가하기 위한 3축 Helmholtz 코일과 Helmholtz

코일에 전류를 인가하기 위한 전원장치로 PC와 TCP/IP 통신을 통하여 PC명령에 의하여 3축 Helmholtz 코일에 자동으로 자기장을 발생시킬 수 있는 3-channel power supply, 지구자기장을 측정하기 위한 3축 flux-gate magnetometer와 측정 프로그램으로 LabVIEW software를 이용한 방위각 센서의 자기장 크기 및 각도 측정 프로그램과 azimuth, magroll 측정 프로그램이 있다. 3축 Helmholtz 코일의 생성되는 자기장은 선트 저항 양단의 전압과 coil constant를 이용하여 계산하였으며, coil constant 측정은 한국표준과학연구원에서 교정 받은 Bartington사의 Mag-01을 사용하여 측정하였다[1]. 또한 Helmholtz 코일에서 생성되는 자기장은 자기장 설정 값의  $\pm 0.1\%$  이내로 생성되도록 3-channel power supply에서 feed-back되어 진다. 자기장 크기 및 각도 측정 프로그램은 원하는 자기장의 크기 및 각도, 회전 평면(x-y, y-z, x-z)을 조정할 수 있으며, azimuth, magroll 측정 프로그램은 자기장의 크기 및 polar angle을 조정하여 방위각 센서의 azimuth, magroll을 측정하였다.



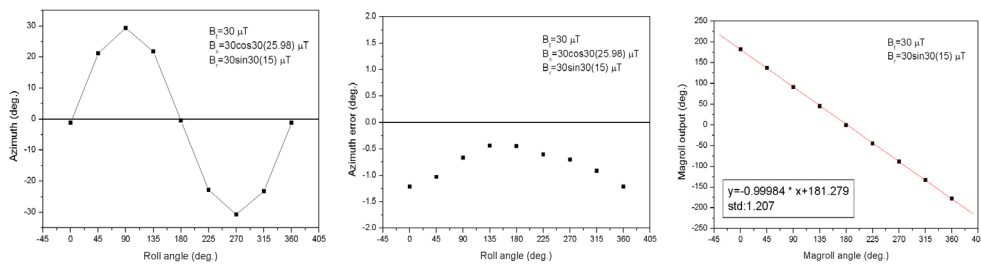
(a) 방위각 센서 시험 장치 (b) 3축 flux-gate magnetometer



(a) 자기장 크기 및 각도 측정 오차 프로그램 (b) Azimuth, Magroll 오차 측정 프로그램

그림 2. 방위각 센서 시험 장치 및 측정 프로그램

### 3. 성능시험



(a) Azimuth 측정데이터 (b) Azimuth error (c) Magroll 측정데이터

그림 3. Crossbow사의 방위각 센서 CHS090TB의 성능시험; Total magnetic field : 30 uT, Polar angle: 30°이다.

### 참고문헌

[1] E. Fiorillo "Measurement and Characterization of Magnetic Materials" pp. 108(2004)