

무부하시의 출력 전압의 값은 부하가 걸렸을 때의 Gyro의 출력 전압의 크기에 비해서 상대적으로 작은 양이지만, 본 연구에서 필요로 하는 물리량은 각속도값으로부터 적분되어 계산된 각도의 변화량인 점을 감안하면 각도 변화량 측정에 미치는 영향은 상당히 크다고 할 수 있다.

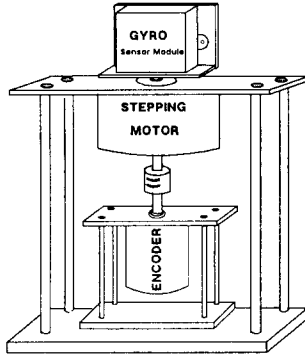
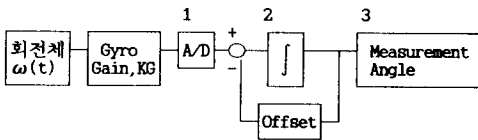


그림 2-2. GYRO SENSOR의 성능 조사를 위한 실험 장치

Gyro sensor를 사용하여 이동 로봇의 회전각을 측정하였을 때 미치는 Offset값의 영향을 조사하기 위하여 본 연구에서는 그림 2-2와 같은 실험 장치를 제작하였다. 본 실험 장치는 그림에서 보는 바와 같이 회전판의 중심축에 Step Motor 축을 연결하고 Step Motor 축에 Flexible coupling을 사용하여 10 bits의 Resolution (분해능)을 가지는 Incremental Encoder를 연결하였다. 회전판의 중심축에는 Gyro sensor module을 부착할 수 있는 장치를 설계하여 회전판이 회전하면 회전판의 운동이 Gyro sensor와 Encoder에 의해 동시에 측정할 수 있도록 고안하였다. Encoder 출력을 4 배배하면 0.088°의 분해능을 가지고 회전판이 운동한 회전각을 측정할 수 있으므로 Encoder에 의해 측정된 각도를 실제값으로 사용하여 Gyro sensor에 의해 계산된 회전각과 비교하고자 한다. 그림 2-3은 Gyro sensor를 이용한 회전체의 각도검출 Block Diagram이다.



여기서, 1 : Gyro sensor's Gain
2 : A/D Converter.
3 : Integration Tool Box.

그림 2-3. GYRO SENSOR 를 이용한 각도 산출 블록선도

$$\theta = \int_{T_0}^T KG \cdot \omega(t) dt = KG \cdot \int_{T_0}^T \omega(t) dt \quad (2-1)$$

여기서, T : 종료 시간
T₀ : 초기 시간
KG : Gyro sensor의 Gain (sensitivity)
 $\omega(t)$: Gyro sensor에 의해 측정된 각속도값
 θ : 측정된 각도

식 (2-1)에서 보는 바와같이 각도계산과정은 Gyro sensor로 부터 얻어진 신호를 계속하여 적분해 나아감으로써 간단히 얻어질 수 있다.

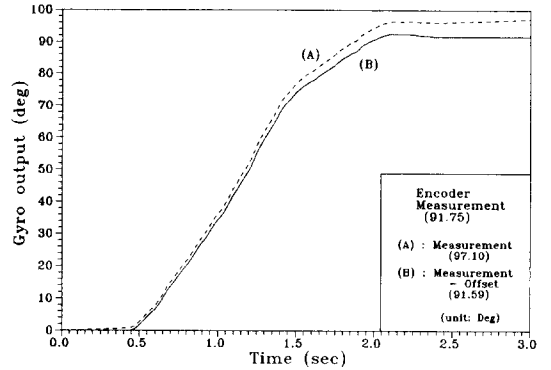


그림 2-4. OFFSET값 변화에 따른 각도검출

그림 2-4 은 Gyro sensor를 회전대 위에 설치한 다음 정지 상태에서 2초동안 Offset을 계산한 다음 회전반을 수동으로 90° 가량 운동시켰을 때의 센서의 출력 전압에 따른 각도를 보여주고 있다. 그림 (B)는 Offset을 고려하였을 때의 출력 곡선이며, 그림 (A)는 Offset을 고려하지 않았을 때의 출력 곡선이다. 그림에서 보는 바와 같이 두 곡선은 Offset값만큼의 차이를 보여주고 있다. 이렇게 구한 Gyro 출력을 Sensitivity(15 mV/deg/sec)를 이용하여, 적분하여 얻어진 Gyro sensor값을 나누어, 감지한 각도 변화량을 계산하였으며, 그결과를 각 곡선의 옆에 표시하였다. Encoder에 의해 측정된 회전각은 91.75°, Offset을 고려할 경우의 Gyro sensor에 의해 측정된 회전각은 91.59°, Offset을 고려하지 않았을 때의 경우에는 97.10° 로 측정되어 Offset을 고려하여 Gyro sensor를 측정하여야 한다는 결론을 얻을 수 있다.

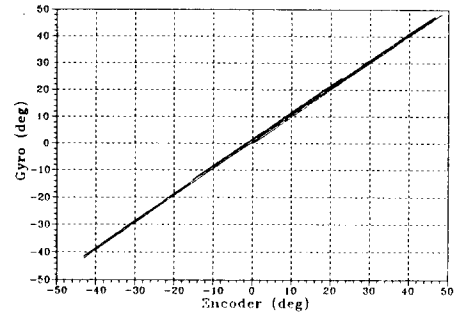


그림. 2-5 GYRO SENSOR가 안정화되기 전의 각도측정

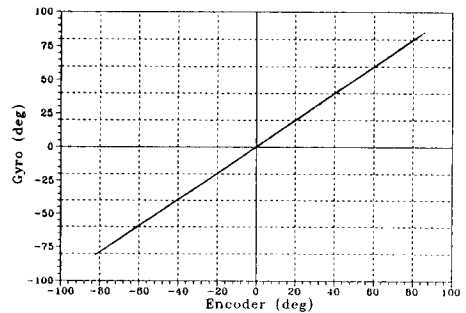


그림. 2-6 GYRO SENSOR가 안정화된 후의 각도측정

그림 2-5, 2-6는 최초전원투입시 Gyro sensor는 회전원 판 실험을 통해 안정화에 따른 얼마의 시간이 경과해야 한다는 것을 보여주고있다.

2-2. 이동 로봇의 구성

본 실험에서 적용된 이동 로봇의 구조는 그림 2-6과 같으며 구성회로는 MPU 68000을 중앙처리장치로 사용하며, Encoder 및 Gyro sensor를 실시간으로 측정하기위해 추가로 CPU Z80 사용하였고 PWM 신호에 의한 Servo Motor 구동제어 부분으로 구성된다. 그림 2-7은 CPU Z80 회로의 Block 선도이며, CPU Z80 회로부는 MPU 68000에 대하여 독립적으로 구동되어진다.

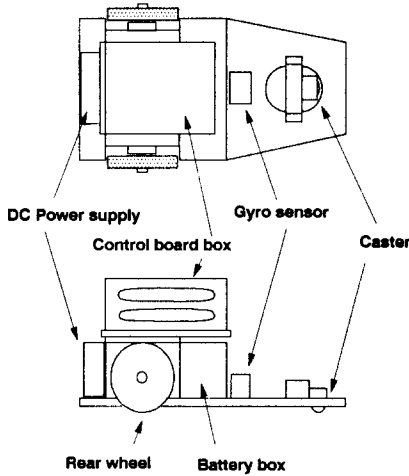


그림. 2-7 이동 로봇의 구조

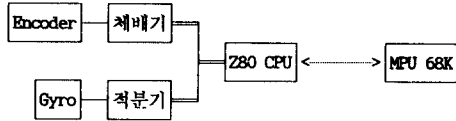


그림. 2-8 CPU Z80 Interface Block Diagram

2-3. 이동 로봇의 위치계산

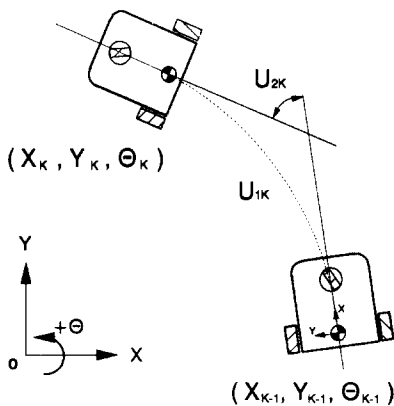


그림 2-9. 이동 로봇의 궤적과 좌표값의 상관관계

그림 2-9은 이동 로봇의 좌표계 및 위치 계산을 위해 설정된 변수이다. 이동 로봇의 위치를 표시하기 위하여 작업장의 일점점에 설정된 직각 좌표계를 사용하고 있다. 이 좌표계를 월드 좌표계 (world coordinate system)이라 한다. 이동 로봇의 위치는 이 월드 좌표계의 원점을 기준으로 로봇의 기준점(두 구동륜사이의 중심점)이 위치한 X 및 Y 좌표값으로 정의하고, 로봇의 주행 방향각은 로봇이 진행하고 있는 방향을 월드 좌표계의 양의 X-축을 기준으로 반시계 방향의 회전각으로 정의한다. 또한, 이동 로봇의 운동을 측정하기 위하여 이동 로봇의 기준점에 로봇 좌표계 (robot coordinate system)를 설정하였다. 이때, 양의 X 축은 로봇의 주행 방향을 따라 설정하고, 양의 Y 축은 로봇의 왼쪽 구동륜의 회전 중심축을 따라 설정하였다.

일반적으로 단위 샘플링 시간동안 이동 로봇의 운동 변화량은 로봇의 크기에 비해 작으므로 그림 2-9에 표시된 원호 모양의 이동 궤적을 직선으로 근사화 하여 로봇의 위치는 식 (2-2)과 같이 근사적으로 계산할 수 있다. 이동 로봇의 위치계산은 식 (2-2)들에 의해 이루어진다.

$$U_{1k} = \frac{U_R + U_L}{2}, \quad U_{2k} = \frac{U_R - U_L}{Tread} \cdot T$$

여기서, U_R : Right Wheel의 이동거리
 U_L : Left Wheel의 이동거리
 T : SAMPLING INTERVAL
 $Tread$: 바퀴사이의 거리

$$\begin{aligned} X_k &= X_{k-1} + U_{1k} \cos(\theta_{k-1} + U_{2k}/2) \\ Y_k &= Y_{k-1} + U_{1k} \sin(\theta_{k-1} + U_{2k}/2) \\ \theta_k &= \theta_{k-1} + U_{2k} \end{aligned} \quad (2-2)$$

여기서, X_k, Y_k, θ_k 는 각각 K-번째 샘플링 시간에서 계산된 월드 좌표계의 원점에 대한 이동 로봇의 좌표값 및 주행 방향각을 표시한다.

2-4. 실험

이동 로봇으로부터 매순간(0.1sec)마다의 Gyro, Encoder값들에 의하여 현재의 위치를 측정하였으며 실제 측정값은 이동 로봇의 몸체 (frame)에 구멍을 뚫어 주사바늘을 사용하여 표시한 후, 표시된 각 지점을 측정하였다.

3. 결론

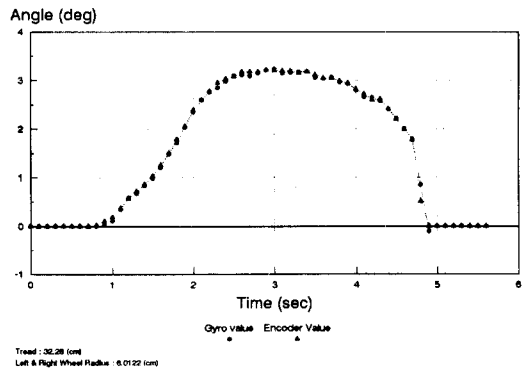


그림 2-10. +90° 회전의 각도변화들에 대한 비교

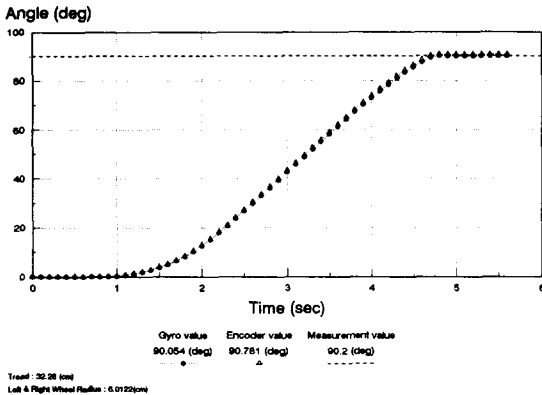


그림 2-11. + 90° 회전시의 각도변화에 대한 비교

그림 2-10는 이동 로봇의 시계방향 회전시의 매순간마다(0.1sec)의 Encoder 및 Gyro에 대한 각도변화율을 나타낸 것이며, 그림 2-11은 실제 측정된 각도를 기준으로 Gyro 및 Encoder들의 각도의 변화를 나타내고있다. 표 2-1, 표 2-2는 Gyro sensor를 탑재한 이동로봇을 ±90° 회전시켰을때의 실제측정치, Gyro, Encoder 값으로 Gyro를 안정화(전원투입 7분후)시킨 후 실험한 결과이다.

표 2-1. +90° 회전시의 측정값에 대한비교

No	(M) 측정값	(G) Gyro값	(E) Encoder값	(M-G) Error	(M-E) Error
1	89.700	90.141	90.410	0.411	0.680
2	89.100	89.421	89.915	0.321	0.815
3	89.400	89.577	89.565	0.227	0.215
4	89.900	89.929	90.183	0.029	0.283
5	90.200	90.054	90.781	0.126	0.601
6	89.300	88.914	89.647	0.386	0.347
7	90.000	89.915	90.162	0.035	0.212
8	90.500	90.321	91.069	0.179	0.569
9	90.300	90.664	90.678	0.364	0.378
10	88.300	88.704	88.720	0.454	0.470
Average				0.253	0.457
S.T.D				0.148	0.195

(Unit: Deg)

표 2-2. -90° 회전시의 측정값에 대한비교

No.	(M) 측정값	(G) Gyro값	(E) Encoder값	(M-G) Error	(M-E) Error
1	-89.900	-89.649	-90.492	0.201	0.642
2	-88.600	-88.576	-89.256	0.026	0.706
3	-88.000	-87.628	-88.699	0.372	0.699
4	-88.600	-88.935	-89.544	0.335	0.944
5	-87.800	-88.229	-88.287	0.429	0.487
6	-87.800	-87.709	-88.472	0.041	0.723
7	-88.800	-88.629	-89.235	0.171	0.435
8	-88.100	-88.452	-88.596	0.402	0.546
9	-88.100	-88.338	-88.349	0.288	0.299
10	-88.600	-88.693	-89.029	0.144	0.479
Average				0.241	0.596
S.T.D				0.138	0.174

(Unit: Deg)

표 2-1, 2-2를 볼때 실제 측정된값에 대해 4세배된 Encoder값보다 Gyro값이 약 2배정도 더 정확한 결과를 보여주고있으며 그림 2-9, 2-10에 보는 바와 같이 Encoder값의 오차는 구동바퀴의 미끄러짐 (slip)에 대한 현상으로 사료된다.

앞으로의 연구는 Gyro에 대한 외부잡음 (noise)으로의 영향 및 구동바퀴의 미끄러짐 (slip)에 대한 보다 정확한 구멍이 요구되어진다.

4. 참고문헌

- [1] T. Tsumura, et al, "A System for Measuring Current Position and/or Heading of Vehicles", Bulletin of the JSME, 25(203), May 1982, pp. 821-829
- [2] K. Fujwara, et al, "Development of Guideless Robot Vehicle", Proc. 11th Int. Symp. on Industrial Robots, Oct. 1981, pp. 203-210
- [3] N. Nimrod, et al, "A Laser-Based Scanning Range Finder for Robotic Applications", Proc. 2nd Int. Conf. on Robot Vision and Sensory Controls, Nov. 1982, pp. 241-252
- [4] Zuo. L. Cao, et al, "Dynamic Omnidirectional Vision for Mobile Robots", T. Robotic Systems 3(1), 1986, pp. 5-17
- [5] S. A. Walter, "The Sonar Ring : Obstacle Detection for a Mobile Robot", Proc. IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, April 1987, pp. 1574-1579
- [6] Gaillet, "Optical Automatic Guidance System of a Mobile Robot", Proc. IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, April, 1981, pp. 1574-1579.
- [7] Y. T. Ren, et al, "Position Determination of Automatically Guided Vehicles", Int. J. Advanced Manufacturing Technology, 1(5), 1986, pp. 45-53
- [8] Hideo Mori, "Active Sensing in Vision-Based stereotype Motion", Proc. of IROS'90, pp. 167-174, 1990