

3D 초음파센싱 자동물류부피측정 및 분류관리 임베디드시스템 구현

이은억*·류광렬*·허창우*

*목원대학교

Realization for Automatic Stock Cubic Measuring and Distributing Management
Embedded System with 3D Ultrasonic Sensing

Eun Eok Lee*·Kwang Rryol Ryu*·Chang Wu Hur*

*Mokwon University

E-mail: ryol@mokwon.ac.kr

요 약

3차원 초음파 센싱에 의해 획득한 데이터로부터 물체의 부피를 자동으로 측정하고 분류적재 관리하는 임베디드시스템을 프로세서 기반으로 구현한다. 부피측정은 3개의 초음파 센서에서 획득한 데이터에서 높이와 폭은 물체가 컨베이어를 통과할 때 3 값을 기준 값과 비교하여 측정하고 길이는 물체가 처음 감지된 시점부터 범위를 벗어날 때까지의 시간을 물체의 이동속도에 대입하여 측정한다. 또한 센서의 온도 변화에 속도가 변하기 때문에 환경에 따라 보정하고 물체가 정방향이 아닐 경우 센싱값을 평균하여 오차를 줄인다. 실험은 직육면체를 기준하였으며 포장된 물류를 크기별로 분류하고 창고 및 이동체에 적재 할 경우 실용적으로 활용가능성을 높인다.

ABSTRACT

A realization for automatic stock cubic measuring and distributing management embedded system with 3 dimensional ultrasonic sensing is presented in this paper. The height and width of cubic are measured by comparing the 3 values from 3 ultrasonic sensors with reference when an object is passing the conveyer and length is calculated by the passing time and velocity, compensate cubic values for error to vary with the environment temperature, and reduce the error by averaging the sensing data not to be right posture of object. The system enables to classify and load a packed stocks at the store and transportation practically based on the rectangular hexahedral objects.

KEYWORDS

Cubic measurement, 3D ultrasonic sensing, error compensation, embedded system, distributing management

1. 서 론

최근에는 의학, 공장, 군사, 건설, 교통, 로봇, 세척 등 여러 분야에서 초음파센서가 널리 응용되고 있어 초음파센서의 개발이 지속되고 있다.[1] 이러한 초음파센서를 물류관리에 활용하여 효율적인 물류관리를 하고자 한다. 물류관리는 경제제재의 효용을 극대화시키기 위한 재화의 흐름에 있어서 운송, 보관, 하역, 포장, 정보, 가공 등이

제 활동을 유기적으로 조정하여 하나의 독립된 시스템으로 관리하는 것을 말하는데 기업 활동에서 물류를 제3의 이익원천 혹은 제2의 품질로서 그 중요성이 강조되고 있다.[2] 이와 같은 물류관리를 효율적으로 하기 위해서 대량의 물류를 창고에 저장하거나 운송할 때 물체의 크기를 자동으로 측정한다면 물류를 크기 별로 분류할 수 있고 창고나 화물차에 물건을 적재할 때 효율적으로 짐을 싣고 운반할 수 있으며 물류관리에서 중

요한 재고관리에 있어서 재고를 보관하는데 필요한 저장장소의 수나 크기를 예측하는데도 용이하다. 물류관리를 효율적으로 하는 방법으로 상품의 정보를 읽는 RFID를 이용한 방식이 많이 연구되고 있으며 [3] 초음파를 컨베이어벨트에 이용하는 방식은 지금까지 공장의 자동화 라인에서 라인의 상단에 초음파센서를 병렬로 설치하여 이동하는 물체를 감지하고 물체의 위치를 추적하는 방식으로 많이 연구되고 있고, [4] 초음파 대신 적외선 센서를 사용하여 컨베이어벨트의 사행을 검출하는 방법도 연구되고 있다. [5] 이러한 연구는 프로세서 기반으로 구현된다.[6]

본 논문에서는 초음파센서를 3방향에 설치하여 일정속도로 컨베이어 벨트를 지나가는 포장된 물류를 입체적인 방식으로 부피를 측정하여 컴퓨터에 측정된 부피를 전송하고 마이크로컨트롤러 기반으로 효율적인 물류분류를 위한 임베디드시스템을 구현한다.

II. 시스템 설계 구현

전체 시스템 구성은 초음파센서를 설치한 프레임, DC모터를 이용한 컨베이어벨트, 전체 시스템의 제어를 담당하는 마이크로 컨트롤러와 제어를 위한 디바이스들이 장착되어 있는 타겟보드, 타겟보드와 통신할 컴퓨터로 구성된다.

전체적인 실험 시스템의 시스템 블록도는 그림 1과 같다.

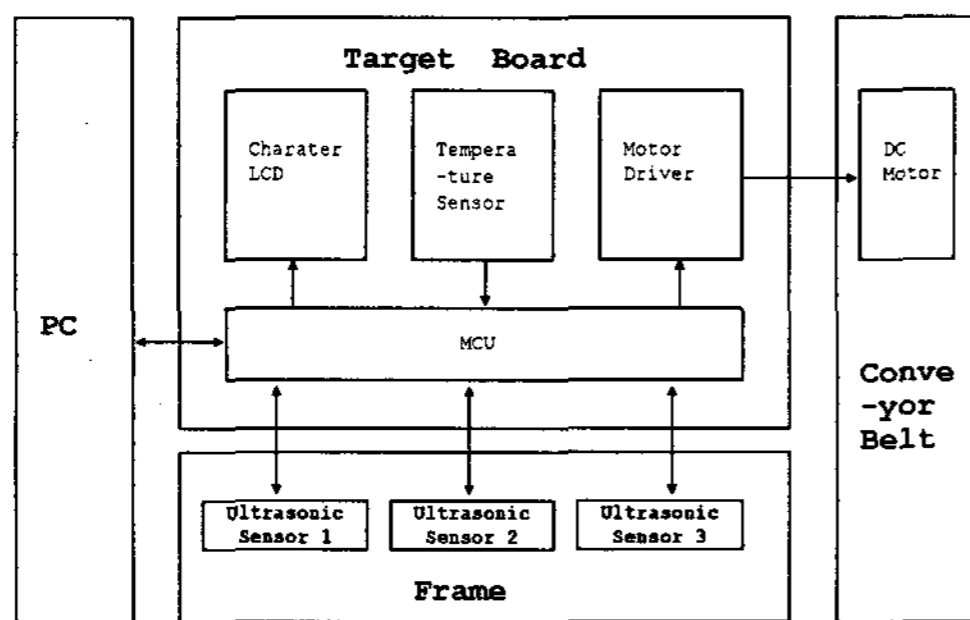


그림 1. 전체 실험 시스템 블록도

블록도를 설명하면 초음파 센서를 설치한 프레임은 좌우 폭 30cm, 높이 23cm의 ㄷ자형 프레임으로 각각 좌, 우, 위 세 방향에 초음파센서를 설치한다. DC모터를 이용한 컨베이어벨트는 한 개의 DC모터를 톱니에 물려 구성하여 그 높이는 4cm로 ㄷ자형 프레임의 하단에 고정시킴으로써 컨베이어벨트에서 상단의 초음파센서까지의 거리는 19cm가 된다. 타겟보드는 마이크로 컨트롤러를 사용하여 각각의 초음파센서를 연결하고 컨베이어벨트의 DC모터를 제어하기 위한 모터드라

이버와 초음파 측정값을 보기 위한 문자표시 LCD, 초음파센서의 온도영향을 보정하기 위한 온도센서를 설치한다. 타겟보드와 통신할 컴퓨터는 시리얼 포트를 통하여 타겟보드와 UART통신을 하도록 한다.

III. 초음파발생과 거리및 부피측정

3.1 초음파 발생

초음파를 발생은 변환기(transducer)의 양 전극 사이에 전압을 가하면 진동자가 두께방향으로 진동하여 전기진동을 기계진동으로 바뀌면서 초음파가 발생된다. 이러한 압전효과로 발생된 초음파는 한 재질에서는 일정하게 나아가지만 다른 재질에 부딪혔을 경우에는 계면에서 반사가 일어나고 반사되어온 기계적인 진동에너지가 다시 진동자에 전달되어 다시 전기에너지로 바뀌는 역압전 효과가 일어난다. 초음파를 사용하려면 시험하고자하는 목적에 따라 적절한 탐촉자를 선정해야 한다. 본 실험에서는 낮은 주파수의 초음파를 사용하였다. 탐촉자의 크기가 크면 보통 낮은 주파수로 제한되는데 주파수가 낮을수록 확산이 크다.

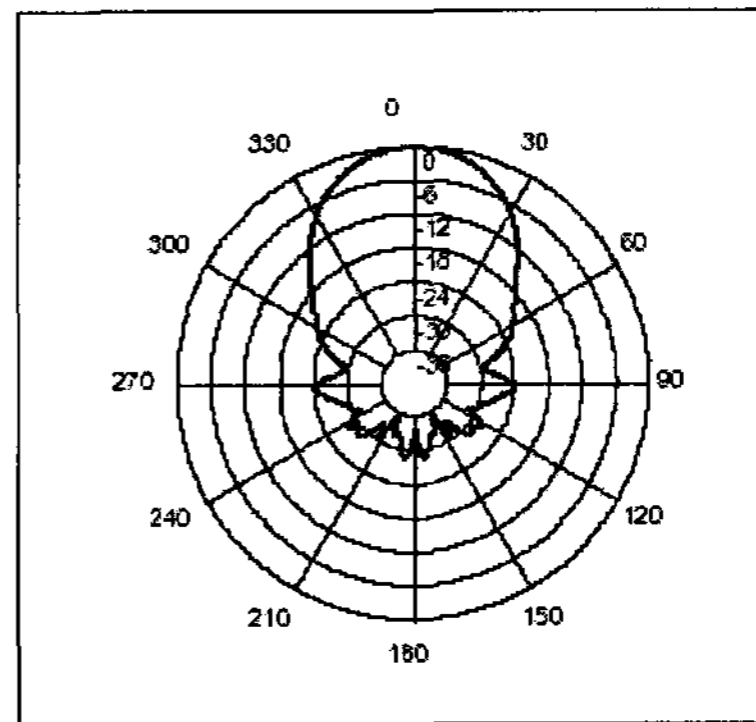


그림 2. 초음파변환기의 진폭과 빔폭

그림 2는 40KHz 변환기의 경우이며, 원 둘레의 숫자는 각도를 표시하고 세로는 진폭(dB)을 표시하며 전체 초음파 전파 스펙트럼을 나타낸다.

3.2 거리측정

거리를 측정하는 방법은 초음파가 발생된 시점부터 타겟물체에 반사되어 돌아왔을 때까지의 시간을 측정하고 그 시간을 음파속도에 적용시켜 얻은 거리(반사되어 온 거리이므로 실제 거리의 2배)를 2로 나누어 얻을 수 있다. 이를 수식으로 나타내면 다음 식 (1)과 같다.

$$S(\text{거리}) = v(\text{음파속도}) * t(\text{소요시간}) / 2 \quad (1)$$

초음파의 속도에 영향을 미치는 요인으로는 온도, 압력, 습도가 있는데, 이중 압력과 습도는 매우 적어 무시할 수 있지만 온도는 음파속도에 크게 영향을 끼치는데 온도에 따른 속도는 다음 식 (2)와 같다. 온도에 따른 음파속도 변화는 표 1과 같다.

$$v(\text{음파속도}) = 331.5 + 0.6 * T(\text{온도}) \quad (2)$$

표 1. 온도와 음파속도

온도 (°C)	음파속도 (m/sec)
-10	325.5
0	331.5
10	337.5
20	343.5
30	349.5
40	355.5
50	361.5

표 1에서 10°C가 증가할 때 마다 속도가 6m/s 씩 증가하는데 이는 20°C의 온도차라면 거리가 약 30cm증가할 때 마다 1.8cm의 오차가 발생하는 수치이다. 이러한 온도의 영향에 따른 오차를 줄이기 위하여 온도센서를 설치하여 온도에 따라 각기 다른 음파속도를 적용시켜 보정하였다. 이와 같은 상황을 모두 고려하여 실제적으로 사용하는 cm단위로 표현하면 초음파를 이용한 거리측정은 (3)식과 같다.

$$S(\text{cm}) = (331.5 + 0.6 * T) * t / 100 / 2 \quad (3)$$

각 길이를 측정하기 위해 사용한 초음파 센서는 1cm ~ 4m까지 측정가능하며 40kHz의 주파수를 가진다. 사용한 초음파 센서의 타이밍 다이어그램(Timing Diagram)은 그림 3과 같다.

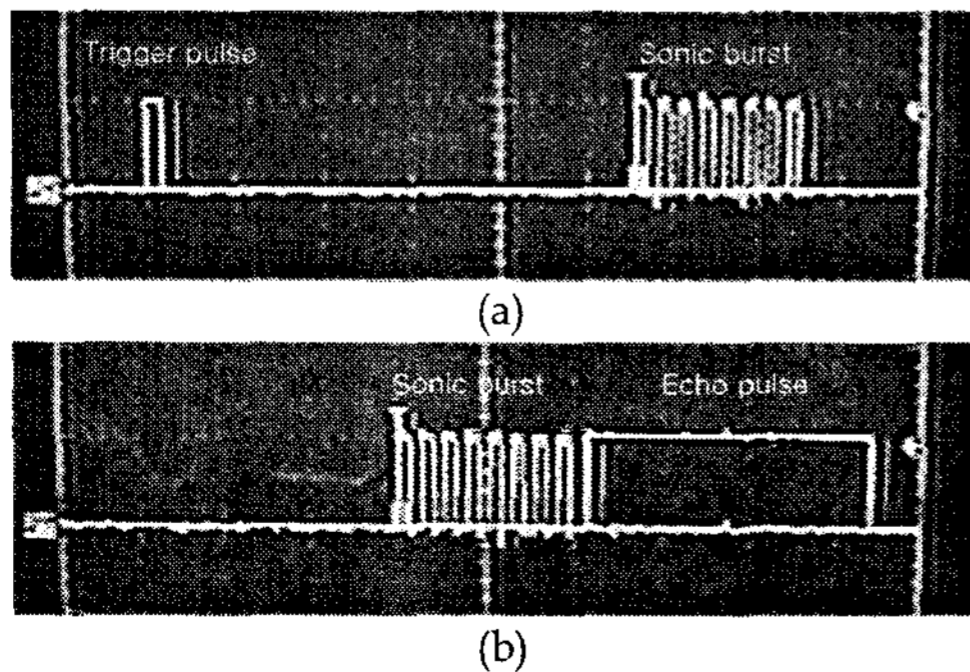


그림 3. 초음파 센서 타이밍 다이어그램

그림3에서 초음파센서는 트리거 펄스를 10us동안 상승시켜주면 트랜스듀서에서 8사이클의 초음

파가 발생하고 초음파가 발생된 시점부터 에코 펄스가 상승하여 초음파가 타겟에 반사되어 돌아오면 에코 펄스가 리셋 된다. 에코 펄스의 길이를 정확하게 측정하기 위해서 마이크로 컨트롤러를 이용하여 에코 펄스의 상승엣지에 인터럽트를 발생시킨다. 이 시점부터 카운터를 작동시켜 하강엣지에서 인터럽트를 발생시켜 카운터를 정지시킨 후 그 카운터 값을 시간으로 변환하여 거리로 환산하여 거리측정을 한다. 시스템 구현에 필요한 3개의 초음파센서를 사용하기 위해서 각각의 초음파 센서의 초음파가 서로 간섭하지 않도록 하기 위해 각 초음파 센서를 서로 번갈아 가면서 거리를 측정하고 측정할 수 있는 최대거리를 벗어나지 않는 일정한 지연시간을 주어 좀 더 정확한 거리를 측정한다.

3.3 부피측정

물체의 부피를 측정하기 위해서는 물체를 입체적으로 보아야 하기 때문에 각각 높이, 가로길이, 세로길이를 측정해야 한다. 측정 단계는 다음과 같다. 첫째, 물체의 높이는 물체가 통과할 때 프레임의 상단에 설치된 초음파센서를 통해 물체와의 거리를 측정하여 아무 물체도 통과하지 않을 때의 거리에서 측정한 값을 빼어 알 수 있다. 둘째, 물체의 가로길이는 물체가 통과할 때 프레임의 좌측과 우측에 설치되어 있는 초음파센서를 통해 물체와의 거리를 각각 측정하여 좌우측 센서간의 거리에서 측정한 좌측 값과 우측 값을 빼어 알 수 있다. 셋째, 물체의 세로길이는 일정한 속도로 동작하는 컨베이어 벨트에 물체가 통과할 때 상단에 설치된 초음파센서가 물체를 감지하여 측정값이 변화된 시점부터 물체가 통과 되어 원래 값으로 돌아가는 시점까지의 시간을 측정하여 컨베이어 벨트의 속도에 대입하여 구한다.

IV. 실험 및 고찰

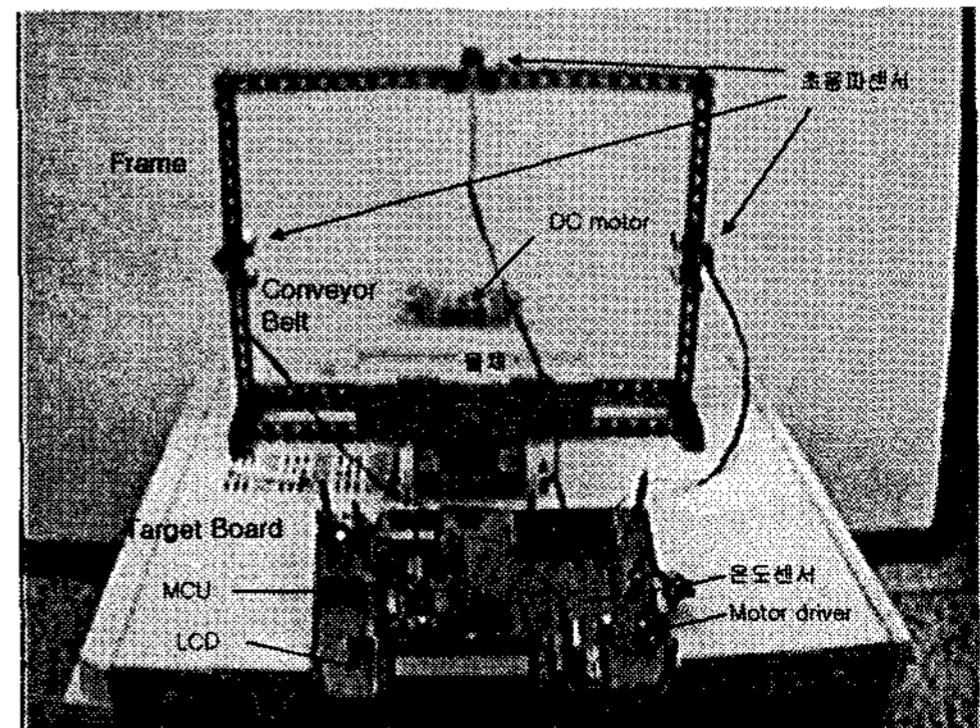


그림 4. 구현된 임베디드 시스템 사진

그림 4는 실험 시스템의 실제 구성 사진과 같고, 물체의 부피를 측정하는 임베디드시스템의 실험은 준비된 물체를 일정한 속도로 움직이도록 제어된 컨베이어벨트 위로 차례로 통과시키고 초음파 센서들로부터 얻어진 값을 UART통신을 사용하여 컴퓨터의 통신 프로그램으로 출력시켜 컴퓨터에 나타난 값과 물체의 가로 세로 높이가 일치하는지 확인한다. 제안한 시스템은 포장된 물체가 직육면체로 한정하기 때문에 물체는 서로 다른 크기의 직육면체를 사용하며 실험 시스템 프레임의 크기와 초음파의 최소 인식거리 고려하여 물체의 크기는 가로 8 ~ 28cm, 세로 3 ~ 30cm, 높이 3~ 18cm로 제한한다. 표 2는 실험한 물체의 실제 크기와 실험을 통해 측정된 물체의 크기를 비교한 표이다.

표 2. 물체의 실제크기와 실험값 비교

	실제 크기			실험값		
	가로	세로	높이	가로	세로	높이
물체1	12cm	6cm	6cm	12cm	6cm	6cm
				12cm	5cm	6cm
				12cm	6cm	6cm
물체2	13cm	11cm	7cm	13cm	10cm	7cm
				14cm	10cm	7cm
				13cm	11cm	7cm
물체3	19cm	14cm	8cm	19cm	14cm	9cm
				19cm	14cm	8cm
				19cm	13cm	8cm

측정값의 오차를 확인하기 위하여 각 물체 당 3번의 실험을 하여 컴퓨터 출력화면을 통하여 분류관리 하기 위한 물체의 각 크기 데이터를 얻었다. 실험 결과, 부피측정평균오차는 가로 2.3%, 세로 5.3%, 높이 1.2%이며 전체평균오차는 2.9%이다. 세로측정의 오차율이 비교적 18.8% 높은 원인은 값을 컨베이어벨트의 속도에 대입하여 얻기 때문에 DC모터의 속도가 조금 일정하지 않을 경우의 오차와 3개의 초음파센서가 서로 간섭하지 않도록 번갈아 가면서 측정하기 때문이다.

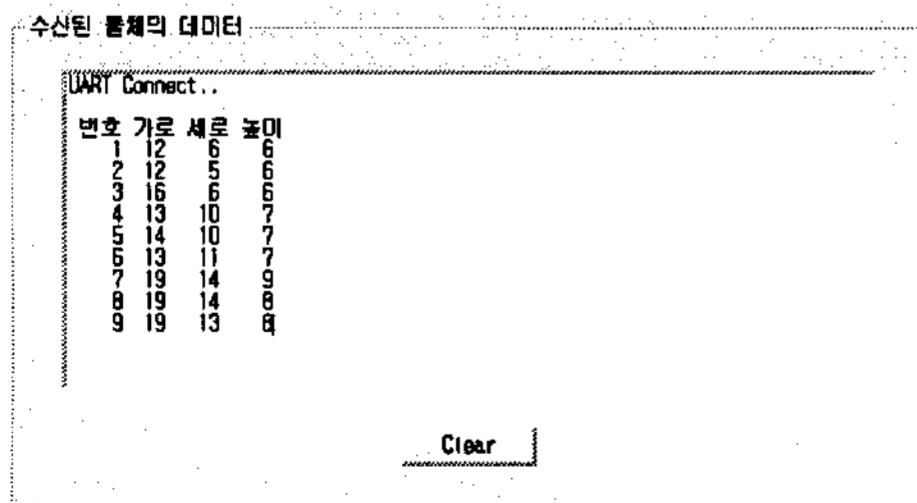


그림 5. 부피 측정 데이터 출력화면

또한 상단의 센서를 기준으로 거리를 측정하는 방법에 어느 정도의 시간 오차로 인해 발생한

다. 그러나 모든 오차범위는 1cm 이내이므로 이 시스템을 실제적 사용 할 때 이 정도 오차는 무시할 수 있다.

물류분류는 그림5와 같이 실험 결과가 컴퓨터의 시리얼 통신 프로그램에 의해 화면에 출력되고 부피측정 데이터와 물류명, 날자, 특성 및 적재위치배열 등을 코드화하여 데이터베이스화한다.

V. 결 론

본 논문은 초음파 센싱을 이용한 물체의 부피 측정을 구현하여 물류관리의 효율을 높이기 위한 연구이다. 제안한 방식은 3방향에 초음파센서를 설치하여 컨베이어벨트를 통과하는 물류의 부피를 측정한다. 이 때 발생하는 오차는 온도에 따라 음파속도가 달라지는 문제와 물체가 정 방향으로 통과 하지 않을 때 물체의 길이가 달라지는 문제가 있다. 첫 번째 문제는 온도센서를 이용하여 값을 보정하여 해결하였고 두 번째 문제는 물체가 감지된 시점부터 물체가 완전히 통과할 때까지 일정 시간 간격으로 길이 값을 평균하여 오차를 최소화 한다. 부피측정 평균오차는 2.9%로 비교적 정확성을 갖는다. 그리고 결과의 데이터를 컴퓨터로 전송하여 효율적인 분류 관리를 지원한다. 따라서 제안한 3D 초음파 센싱을 이용한 포장된 물류의 부피 측정 방식과 RFID로 읽어 들인 물류의 정보를 병행하여 적용하면 물류를 종류별, 크기별로 분류할 수 있으므로 보다 정확하고 효율적인 물류의 분류관리가 가능하다.

참고문헌

- [1] 이영선, 이철준, 이근우, 배상학, "대학 초음파 탐상실험", 북스힐, 2000
- [2] 윤문규, "물류총론", 범한, 2002.
- [5] 조민, "RFID를 이용한 물류 모델의 발전 방향에 대한 연구 :국내의 업체들의 사례를 중심으로, 대전 : 한국정보통신대학원대, 2004. 2
- [4] 하창우, "초음파 센서 배열을 이용한 컨베이어 벨트상의 이동물체 인식", 대구대학교 학술논문집, 제1권 제2호, pp.269-288, 2006. 1
- [5] 정양희 外著, "적외선 센서 배열을 이용한 콘베이어벨트 사행 감지 장치에 관한 연구, I:지능형 콘베이어 벨트 손상 검출 시스템 개발", 한국해양정보통신학회논문지 4,1 pp.139-144, 2000. 3
- [6] 윤덕용, "AVR ATmega128 마스터", ohm사, 2005