

Vision System을 이용한 무인 창고 물류처리 시스템의 개발

*황영민 · 허태원 · 김영빈 · 노인배 · 하광일 · 우정민
동아대학교 전기공학과

Development of soldier warehouse physical distribution processing system Using Vision System

Hwang Young-min · Heo Tai-Won · Kim Young-bin · Noh In-Bai · Ha Gwang-il · Woo Jung-in
Dong-A University with Electric Engineering

Abstract - According as the industry develops recently, the import and export freight amount is increasing sharply, but physical distribution processing equipment ability had achieved conveyance, surge and setup of physical distribution by human's labor ability. But, inefficiency is indicated in operation of harbor and bay warehouse or physical distribution storage equipment because is ceilinged the processing physical distribution amount and the efficiency in physical distribution processing by these labor ability. Treatise that meet on these request proposes soldier warehouse physical distribution processing system that apply Vision System.

2-1은 본 논문에서 제안한 알고리즘에 대한 전체적인 처리과정을 나타내고 있다. 먼저, 비전센서를 이용하여 얻어진 영상정보는 전처리과정(preprocessing)을 거치게 되는데, 이 전처리 과정의 결과에 의해 물체의 위치에 대한 정확성이 결정된다고 해도 과언이 아니다. 본 논문에서는 color ratio를 이용하여 물체와 배경을 분리하고, 레이블링 알고리즘(labeling algorithm)을 사용하여 잡음을 제외한 threshold 내의 요소군을 가지는 물체들만을 추출할 수 있도록 하였다. 프레임간의 추출된 물체의 특징정보에 근거하여 그 물체들의 위치 및 변위를 검출하고자 한다. 이렇게 검출된 물체들은 실좌표에서 시뮬레이터상의 가상의 좌표로 옮겨져 위치가 파악되며, 그 다음 프레임의 위치를 이용하여 변위 및 속도를 알아 낼 수 있다.

1. 서 론

최근 산업이 발전함에 따라 수출입 화물량이 급격하게 증가하고 있으나, 물류 처리 시설 능력은 인간의 노무능력에 의해서 물류의 운반과 분류 및 설치를 수행해 왔다. 그러나 이러한 노무능력에 의한 물류처리에는 처리물류량과 그 효율성에 한계가 있어 항만 창고나 물류 보관 시설의 운영에 비효율성이 지적되고 있다. 이러한 요구에 부응해 본 논문에서는 Vision System을 응용한 무인 창고 물류처리 시스템을 제안한다.

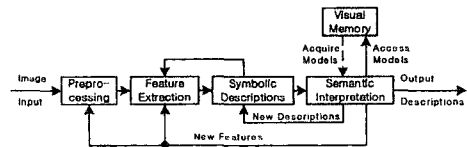


그림 1 비전 시스템의 블록 다이어그램

본 논문에서 제안하는 무인 창고 물류 처리 시스템은 운영체제에 따르는 소프트웨어 기법을 제시하는 것으로서 다음의 두 개의 부분으로 나눌 수 있다.

첫째, 본 시스템은 단위창고의 상황을 CCD 카메라를 통하여 수시로 추출하여 시변 물류 현황을 총체적으로 파악하고 창고내의 정보를 실시간으로 파악한다. 즉, 창고내의 물류의 형상 및 중량을 파악하고 물류가 재이동 됨에 따라 창고의 잔여 적재 가능 구간을 Main Control System에서 재설정 하는 시스템이다.

둘째, 물류의 처리에 대한 예측 DB 시스템으로 리프팅 차량에 부착된 무빙 CCD 카메라를 이용하여 현재의 보유 물류상황 및 잔여 적재 가능 구간과 입고예정의 물류량을 비교한다. 또한 입고되는 물류의 부피, 중량 및 보유 일자에 따른 창고내의 재배치를 수정 및 예측한다.

본 논문의 무인 창고 물류 처리 시스템은 zoom 기능을 보유한 SPT2408 CCD 카메라와 HITEC 사의 RF 모듈을 이용하여 단위 창고의 1/100의 Pilot Plant를 실제 제작하여 운용함으로써 타당성 및 효용성을 검증하고자 한다.

2. 물체인식

일반적은 움직이는 물체를 분석하기 위해서는 정지된 배경에서 and적인 물체만을 차분영상(difference image)에 의해 해석하는 방식을 사용하고 있다. 그림

2.1 RGB 색상비율을 이용한 전처리

획득한 영상에서 물체부분만을 정확히 분리할 수 있다면 물체의 특징과 위치성분을 획득할 수 있게 된다. 본 논문에서는 RGB(Red, Green, Blue)색상비율을 이용한 필터 그리고, 레이블링 알고리즘을 사용하여 대상 물체들만을 검출하도록 하였다.

CCD 카메라에서 입력되는 컬러영상은 256가지의 RGB의 삼색으로 조합되어 있다. 컬러 영상정보를 이용하여 물체를 분리할 경우 흑백영상보다 특징정보를 추출함에 있어서 더 많은 방법으로 접근할 수 있다.

본 논문에서 제안하는 방법은 색상비율을 이용하여 물체와 배경을 분리하기 위하여 입력되는 영상의 전체 색상비율을 구하여 우성의 색상을 중심으로 각 픽셀의 색상비율을 식 (1)을 이용하여 구할 수 있다.

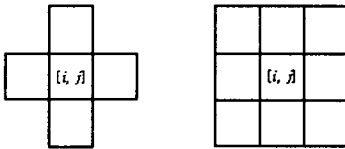
$$\begin{cases} RedRatio(x, y) = \frac{P_{(x,y)} \cdot r}{P_{(x,y)} \cdot r + P_{(x,y)} \cdot g + P_{(x,y)} \cdot b} \\ GreenRatio(x, y) = \frac{P_{(x,y)} \cdot g}{P_{(x,y)} \cdot r + P_{(x,y)} \cdot g + P_{(x,y)} \cdot b} \\ BlueRatio(x, y) = \frac{P_{(x,y)} \cdot b}{P_{(x,y)} \cdot r + P_{(x,y)} \cdot g + P_{(x,y)} \cdot b} \end{cases} \quad (1)$$

이렇게 각각 채널별로 구해진 비율을 이용하여 전체비율평균을 구한 후 설정된 경계치 이내의 비율값을 가지는 픽셀을 제거한다. 나머지 픽셀만 남겨놓고 각각 이진(binary)영상으로 변환한다. 그리고 프레임에서 순백색 부분은 각 채널영상에서 공통인 부분으로써 추출되어야 할 물체부분과 잡음영역을 동시에 포함하고 있으므로 백

색부분만을 추출한다면 더욱 많은 잡음을 제거할 수 있게 된다. 그러기 위해서 채널내의 백색인 부분을 AND 연산하여 다시 하나의 채널을 갖는 이진영상으로 나타낸다. 이 과정을 수행하면 배경부분의 잡음이 많이 줄어들 수 있다. 하지만 아직 남아 있는 잡음 부분은 이하의 레이블링과정에서 설정된 경계값 밖의 픽셀요소들이므로 레이블링을 통하여 다시 제거될 수 있다.

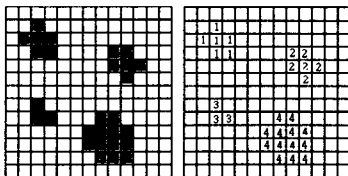
2.2 Labeling

물체의 위치나 방향 외에 각각의 물체를 구분하기 위하여, 화소들이 서로 연결되어 있는가 또는 떨어져 있는가를 알아야 한다. 만약 단 하나의 물체만 있다면, 연결된 요소들을 찾을 필요는 없지만, 영상에서 많은 물체의 특성과 위치를 찾아야 할 필요가 있을 때에는 연결되는 요소들을 결정해야 한다. 한 화소가 다른 화소들에 연결되어 있는지의 여부를 알기 위하여, 그림 2에서와 같이 4-이웃화소와 8-이웃화소를 정의한다. $[i, j]$ 위치에 있는 화소의 4-이웃화소는 $[i+1, j]$, $[i-1, j]$, $[i, j+1]$, $[i, j-1]$ 에 있는 화소들로 구성되며, 8-이웃화소는 4-이웃화소 및 $[i+1, j+1]$, $[i+1, j-1]$, $[i-1, j+1]$, $[i-1, j-1]$ 에 있는 화소들로 구성된다. 이 $[i, j]$ 위치에 있는 화소의 4-이웃화소를 4-연결도(connectivity)의 이웃화소들이라 하고, 8-이웃화소를 8-연결도의 이웃화소들이라 한다.



(a) 4-이웃화소 (b) 8이웃화소
그림 2 이웃화소의 예

일반적으로, 화상 배열에서 서로 이웃하여 있는 화소들의 집합을 연결성분 (connected component)이라고 부른다. 머신 비전에서 가장 흔한 연산 중의 하나는 주어진 화상에서 이러한 연결성분들을 찾는 것이다. 연결성분들에 속한 화소들은 어떤 한 물체를 나타낼 가능성이 크기 때문이다. 한 연결성분에 같은 레이블 (번호: 정수값)을 붙이고, 다른 연결성분에는 다른 번호를 붙이는 처리를 레이블링이라고 한다. 2진화상의 레이블링의 예가 그림 3에 보여진다. 그림 3-(a)는 임계값처리를 통해 얻어진 2진화상으로서, 어두운 색으로 처리된 화소들은 1의 값을 가지며, 이외의 화소들은 0의 값을 가지며, 4개의 연결 성분들이 있다. 그림 3-(b)는 적절한 레이블링 과정을 통해 각각의 연결성분이 1, 2, 3, 4의 레이블을 갖는 화상을 보여준다. 이렇게 레이블링된 화상으로부터 얻어진 4개의 연결성분들 각각은 어떤 물체를 나타낼 수 있는 가능성이 있으며, 각각의 연결성분에 대해 크기, 위치, 방향 등의 특징들을 계산할 수 있다.



(a) 원래의 2진화상 (b) Labeling 2진화상
그림 3 Labeling 처리

화상에 있는 모든 연결성분들을 검색하고, 동일한 연결성분에 존재하는 모든 화소들에 대하여 하나의 고유한

레이블을 설정하여주는 알고리즘을 성분 레이블링 알고리즘(Component Labeling Algorithm)이라고 하며, 회귀방식(Recursive)과 순차방식(Sequential)의 알고리즘이 있다. 회귀방식 알고리즘은 직렬 컴퓨터에서는 그 계산 시간이 오래 걸리므로, 병렬 컴퓨터에서 많이 사용된다. 순차방식 알고리즘은 회귀 알고리즘에 비해 계산시간이 짧고 메모리가 적게 들며, 주어진 화상에 대해 2번의 Scanning만으로 모든 처리를 끝낼 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 4-연결도를 이용한 순차 알고리즘을 적용한다.

2.3 순차알고리즘

표 1에 4-연결도를 사용한 순차 연결성분 알고리즘 (Sequential Connected Components Algorithm Using 4-connectivity)에 관하여 나타내었다.

표 1 순차방식 연결 성분 알고리즘

Step	Algorithm
Step1	왼쪽에서 오른쪽으로, 위에서 아래로 화상을 조사한다.
Step2	만약 $[i, j]$ 화소의 값이 1이면, 위쪽 $[i-1, j]$ 과 왼쪽 $[i, j-1]$ 이웃화소들에 대하여, ① 두 이웃화소들 중에서 하나만이 레이블을 가지고 있다면, 그 레이블을 $[i, j]$ 화소에 부여한다. ② 두 이웃화소들이 같은 레이블을 가지고 있다면, 그 레이블을 $[i, j]$ 화소에 부여한다. ③ 두 이웃화소들이 서로 다른 레이블을 가지고 있다면, 위쪽 이웃화소의 레이블을 부여하고, 준비된 등가 테이블에 두 레이블들을 등가 레이블로 기록한다. ④ 두 이웃화소들이 레이블을 가지고 있지 않다면, 새로운 레이블을 부여하고, 등가 테이블에 이 레이블을 기록한다.
Step3	레이블이 부여되지 않은 화소들이 남아 있으면, Step2로 돌아간다.
Step4	등가 테이블에서 각각의 등가 집합에 대해 가장 낮은 레이블을 찾는다.
Step5	화상을 조사하여, 각 레이블을 등가 집합에서의 가장 낮은 레이블로 바꾼다.

이 알고리즘은 전체 화상에 대해 두 번의 조사 과정이 필요하다. 첫 번째 조사에서는 Step1, 2, 3, 4의 과정으로서 부분 영역들을 열고 부분 영역들간의 연결성을 알아낸다. 두 번째 조사에서는 Step5의 과정으로서 등가인 레이블들을 검사하여 다시 레이블링을 한다.

위의 과정을 pseudo 코드로 나타내면 다음과 같다.

```

k=1;
If p[r][c] = 1
{
    if(p[r-1][c] = 1 && p[r][c-1] = 0)
        label[r][c] = label[r-1][c];
    if(p[r-1][c] = 0 && p[r][c-1] = 1)
        label[r][c] = label[r][c-1];
    if(p[r-1][c] = 1 && p[r][c-1] = 1)
        label[r][c] = label[r-1][c];
    if(p[r-1][c] = 0 && p[r][c-1] = 0)
    {
        label[r][c] = k;
        k = k+1;
    }
}
    
```

순차 연결성분 알고리즘의 예를 그림 4에 나타내었다. Step1, 2, 3의 과정을 통해 얻어진 등가 테이블은 $ET = \{ES_1, ES_2\}$ 이고, 각각의 등가 집합은 $ES_1 = \{1, 3\}$, $ES_2 = \{2, 4\}$ 이다. 즉, 등가 테이블 ET는 2개의 등가 집합 ES_1, ES_2 로 구성되고, ES_1 은 등가 레이블들의 집합으로서 레이블 1과 3이 서로 등가 레이블임을 뜻한다. 마찬가지로 ES_2 의 레이블 2와 4는 서로 등가 레이블이다. Step4의 과정을 통해 각 등가 집합에서 가장 낮은 레이블은 각각 1과 2이다. Step5의 과정을 거치면, 레이블 3을 갖고 있던 화소들은 모두 레이블 1로 바뀌게 되고, 레이블 4를 가지고 있던 화소들은 모두 레이블 2로 바뀐다. 따라서, 레이블링 알고리즘을 적용한 뒤의 화소들은 레이블 1, 2 중의 하나를 갖게 되고 2개의 연결성분이 얻어진다.



그림 4 순차 연결성분 알고리즘

3. 화상처리 결과

3.1 화상처리 알고리즘 구현

본 논문에서 적용한 순차방식 연결 성분 알고리즘을 사용하여 Window98 Visual C++ 6.0 환경에서 화상처리 프로그램을 구현하였다.

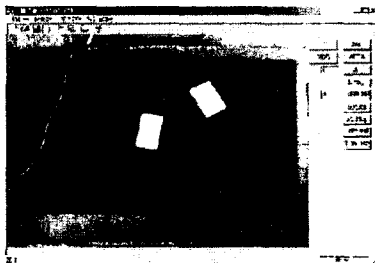


그림 5 프로그램 실행 모습

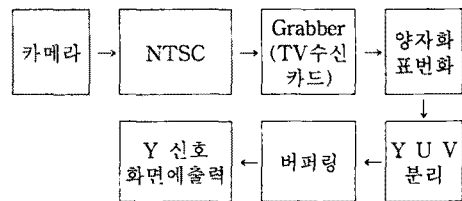
그림 5는 비전 알고리즘을 검증하기 위해 만든 프로그램의 실행 모습이다. 옆에 11개의 버튼은 알고리즘 처리 순서를 나타낸 것이고, 각각의 버튼을 누를 때 마다, 각각의 비전 알고리즘이 처리된다. 일반적으로 움직이는 물체를 분석하기 위해서는 정지된 배경에서 움직이는 물체만을 차분영상(difference image)에 의해 해석하는 방식을 사용하고 있다. 그림 5는 본 논문에서 제안한 알고리즘에 대한 전체적인 처리과정을 나타내고 있다.

먼저, 비전센서를 이용하여 얻어진 영상정보는 전처리과정(preprocessing)을 거치게 되는데, 이 전처리 과정의 결과에 의해 물체의 위치에 대한 정확성이 결정된다고 해도 과언이 아니다. 본 논문에서는 color ratio를 이용하여 물체와 배경을 분리하고, 레이블링 알고리즘(labeling algorithm)을 사용하여 잡음을 제외한 threshold 내의 요소군을 가지는 물체들만을 추출할 수 있도록 하였다. 프레임간의 추출된 물체의 특징정보에 근거하여 그 물체들의 위치 및 변위를 검출하였다. 이렇게 검출된 물체들은 실좌표에서 시뮬레이터상의 가상의 좌표로 옮겨져 위치가 파악되며, 다음 프레임의 위치를 이용하여 변위 및 속도를 알아 낼 수 있다.

1) Grab

: 비디오 신호 YUV신호를 Grabber를 통하여 디지털 값을 획득하고, 그중 Y(밝기)신호를 보여준다.

표 2 Grab 처리과정



2) Area

: 비전처리할 영역을 설정한다.

3) LUT

: 임계값 결정 알고리즘을 적용해 배경과 물체들의 임계값을 찾는 부분이다.

4) Binary 버튼

: 3)에서 찾은 임계값을 가지고 영상을 이진화 한다. 배경은 0(LOW) 물체들은 1(HIGH)로 처리한다. 처리 결과는 그림 6과 같다.

5) Labeling

: Labeling 알고리즘 구현

6) Search Object

: 레이블링한 데이터로 물체의 중심 및 체적을 구한다. 처리 결과는 그림 7과 같이 나타난다.

7) 보정

: Search Object된 데이터를 가지고 옳은 데이터인가를 검사하고 틀리면 보정한다. 결과는 그림 8과 같다.



그림 6 이진화 처리 영상

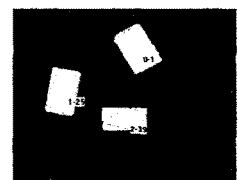


그림 7 Search Object 결과

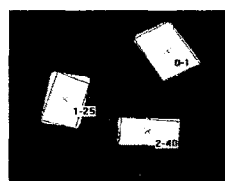


그림 8 보정작업 처리결과

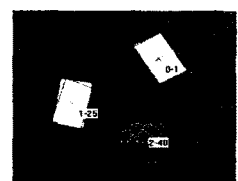


그림 9 인식 완료 화면

이상의 7가지 과정을 거쳐 처리된 결과 영상인 그림 9와 같이 나타난다. 물체의 개수와 위치, 중심 및 체적 등을 표시하고 있다.

3.2 물류 관리 프로그램 구현 및 실행

그림 10은 본 논문에서 제안한 지게차, 컨테이너 및 창고를 관리할 수 있는 모니터 프로그램이다. 프로그램 환경은 Window98, Visual C++6.0에서 구현하였다.

프로그램에서 보여주는 화면은 지게차의 일하는 모습과, 컨테이너들의 분포 모습을 실시간으로 보여주고, 이 영상을 통해서, 지게차의 방위 및 속도 제어와 컨테이너 위치, 창고 위치를 계산하게 될 영상을 제공한다.

우측 상부 컨트롤 박스는 지게차의 방위각도, 속도, 컨테이너 운속중인지 확인하는 램프로 구성되어 있다. 또한, 현재의 지게차의 상태를 한눈에 알 수 있게 할 수 있는 인테페이스는 사용자들이 편하게 적용할 수 있도록 하기 위하여 CUI 인테페이스가 아닌, GUI 인테페이스 기반을 선택하였다.

우측 중부의 컨트롤 박스는 컨테이너 종류 및 컨테이너의 개수 그리고 현재 처리되고있는 컨테이너들의 스케줄러로 구성되어있다. 그리고, 외쪽 상단의 박스는 컨테이너에 대한 정보가 소개되고, 오른쪽 상부는 처리해야 할 컨테이너 개수를 막대그래프로 표현한다.

하단에는 현재 처리하는 컨테이너와 앞으로 처리해야 할 컨테이너들의 작업을 간략하게 설명한다. 우측 하부의 컨트롤 박스는 창고를 관리하는 컨트롤 박스이다. 어떤 창고에 어떤 컨테이너를 적재할 것인지, 아니면, 어떤 컨테이너를 출고할 것인지를 관리하는 곳이다.

좌측 하부의 컨트롤 박스는 비디오 신호 및 비전 알고리즘을 선택할 수 있는 몇 개의 부분과, 로봇과 통신을 위해 시리얼 통신 부분이 설계되어있다. 또한 리프팅 차량의 수동 조작 및 돌발사항 발생시 긴급 경보기능이 들어가 있다.

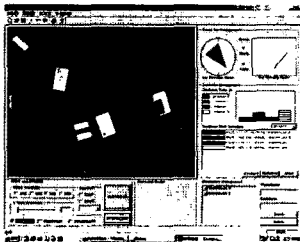


그림 10 물류 관리 모니터 window



(a) 리프팅카 내부구조



(b) 리프팅카 외형



(c) 리프팅카 동작모습

그림 11 1/100 pilot plant로 제작된 리프팅 차량

4. 결 론

본 논문에서는 무인 창고 물류처리 시스템을 개발하는데 있어서 가장 중요한 부분을 차지하는 Vision System을 이용한 물체인식 알고리즘을 제시하고 1/100의 Pilot Plant를 제작하여 알고리즘의 효용성을 확인하였다.

Vision 센서를 이용하여 얻어진 영상정보는 전처리 과정을 거치게 되는데, 이 전처리 과정의 결과에 의해 물체의 위치에 대한 정확성이 결정된다고 해도 과언이 아니다. 본 논문에서는 먼저 CCD카메라에서 얻어진 컬러영상에서 RGB비율을 이용한 배경과 물체의 분리하였고, Binary 처리를 수행하여 물체만을 인식하였다. 그리고, 레이블링을 통하여 각각의 물체를 분리 인식하였다. 이렇게 인식된 물체를 Search Object와 보정처리를 통하여 물체의 개수, 중심, 체적, 위치 등의 정보를 확보한다.

또한, 리프팅카와 컨테이너 및 창고를 관리할 수 있는 모니터 프로그램을 Visual C++ 환경에서 구현하였다. 모니터 프로그램에서는 리프팅카의 방위각도, 속도, 현재 위치 및 운속여부가 표시되도록 하였고, 컨테이너 박스의 종류, 개수, 현재 처리되고 있는 컨테이너들의 스케줄러를 표시하였다. 그리고, 창고내의 물류내역을 관리하는 부분으로 구성하였다.

(참 고 문 헌)

- (1) 최형일, "컴퓨터 비전 입문", 홍릉과학출판사, 1991
- (2) I. Masaki, "Vision-based Vehicle Guidance", Springer-Verlag, 1991
- (3) R. Jain, R. Kasturi and B.G. Schunch, "Machine Vision", McGraw-Hill, 1995
- (4) A. Jorge, S. Centeno and V. Haertel, "An Adaptive Image Enhancement Algorithm", Pattern Recognition, Vol. 30, No. 7, pp. 1183-1189, 1997
- (5) S. Ishikawa, K. Gouhara, K. Ide and K. Kato, "A Vision Based Mobile Robot Travelling Among Obstructions", KACC, pp. 810-815, 1988