

동적 Range 검출에 의한 원료 Pile 형상 관리 시스템

*안현식

동명정보대학교 로봇시스템공학과

Profile Management System of Material Piles by Dynamic Range Finding

*Hyunsik Ahn

Dept. of Robot System Engineering,

Tongmyung University of Information Technology

E-mail: hsahn@tmic.tit.ac.kr

ABSTRACT

In this paper, a profile management system consisting of global and local range finders is presented for the automation of material pile handling. A global range finder detects range data of the front part of the piles of material and a profile map is obtained from a 3D profile detection algorithm. A local range finder attached on the side of the arm of the reclaimer detects range data with the handling function dynamically, and a local profile patch is acquired from the range data. A yard profile map manager constructs a map by using the 3D profile of the global range finder and revises the map by replacing it with the local profile patch obtained from the local range finder. The developed vision system was applied to a simulator and the results of test show that it is appropriate to use for automating the material handling.

I. 서론

최근 자동화 시스템에 있어서 컴퓨터 비전 기술이 필수적인 요소로 자리잡고 있다. 비전 분야 중에서도 밝기 정보로부터 배경과 물체를 구분해 내기 어려운 경우 능동적 거리 검출(active range finding) 기술을 이용하고 있다. 능동적 거리 검출 기법은 레이저의 slit 광원과 CCD 카메라를 이용하는 slit light 거리 측정 기법과

레이저 펄스의 비행시간을 이용하는 비월시간(time-of-flight) 레이저 거리 측정 기법이 있다. Slit light 거리 측정 방법은 근거리용으로 많이 응용되고 있으며[1,2], 비월시간 레이저 거리 측정 기법은 원거리가 가능하여 무인 주행차량 등에 자주 응용이 되고 있다.[3] 실제적인 자동화 시스템에 있어서 이러한 특성을 잘 통합하여 구현할 필요가 있다.

야드에 적치되어 있는 원료 파일의 형상을 검출하여 불출기(reclaimer)를 자동화한 기법이 연구되고 일부 적용되고 있다.[4] 그러나 보다 완전한 형태의 자동화 시스템이 되기 위해서는 원료 파일의 3차원 형상관리가 필요하다. 즉 현재 야드에 원료가 적치된 형상의 정보를 항상 관리하여야 추가로 적치하거나 새롭게 적치할 위치를 자동으로 결정 할 수 있고 적치된 파일의 부피를 계산하여 재고량을 추정할 수 있다. 본 논문에서는 이러한 목적으로 원료 파일의 3차원적인 관리를 위한 형상 관리 비전 시스템과 알고리즘을 제안한다.

II. 시스템 구성

본 논문에서 제안한 원료파일의 형상 관리 모델은 Fig.1과 같이 구성된다. 형상 관리는 먼저 야드형상 지도를 초기화 함으로서 시작된다. 즉 형상검출이 이루어지지 않은 영역은 야드 형상 지도에 비 적치 영역으로 두고, 실제로 파일이 존재하지만 형상검출을 하지 않은 영역에 대해서는 미 검출 영역으로 두며, 형상검출이 이루어지면 검출 영역으로 변경시킨다. 만약 요청이 있으면 불출기가 목표 파일로 이동한 후 전체 형상

검출기를 구동하여 형상을 검출한다. 검출된 형상 데이터는 좌표계를 변환하여 야드 형상 지도 관리기에 전달하고 이로부터 야드 형상 지도 중에서 목표로 하는 파일의 영역에 고도값이 입력된다. 전체 형상 지도에 근거하여 불출기가 원료를 불출하면 실제의 파일 형상이 변화되므로 변경된 형상을 추정하기 위해 지역 거리 검출기를 선회 동작과 동시에 가동하여 동적으로 거리를 검출한다. 지역 거리 검출기는 파일의 변경된 부분에 대한 형상만 검출하게 되고 이를 야드 형상 지도 관리기에 보내면 이를 근거로 야드 형상 지도를 변경한다. 이와 같은 방법으로 실제 파일의 변경과 동시에 야드 형상 지도가 변경되어 동적 관리가 가능하게 된다.

Fig. 2는 본 논문에서 구성한 시뮬레이터의 시스템 구성을 보여주고 있는데 제어기로 사용되는 주 컴퓨터는 VME 시스템을 사용하였으며 지역 거리 검출기용 컴퓨터는 IBM PC를 이용하였고 영상 처리 보드를 이용하였다. 전체 거리 검출기는 비월시간 거리 검출 방법인 IBEO사의 Ladar를 이용하였다. 지역 거리 검출기는 CCD 카메라와 slit 레이저 광원을 이용한 stripe-light 거리 검출기를 버킷 양단에 각각 한 개씩 장착하였다.

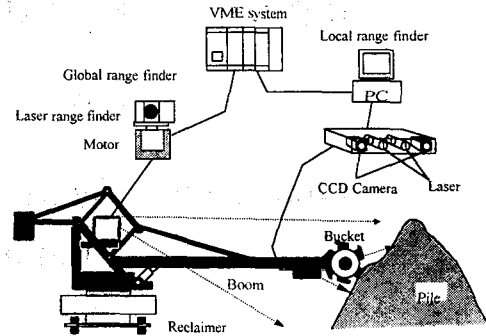


Fig. 2. 파일의 형상 관리 시스템 구성

불출기가 원료 불출작업을 진행하면 원료 파일의 형상이 변경된다. 불출기가 선회할 경우 지역 거리 검출기는 불출기가 불출을 함과 동시에 동작하여 변경된 지역적 특성에 대한 거리 정보를 검출한다. 지역 거리 검출기는 stripe-light 거리 검출기인데 붐 끝단에 있는 버킷의 좌우측에 하나씩 장착한다. 만약 붐이 우측으로 선회하면 좌측 센서로부터 거리를 검출한다. 좌측으로 선회할 경우 우측 센서가 거리를 검출한다. 지역 형상 검출기는 불출기 붐의 한 방향 선회의 시작부터 종료될 때까지 동작시키고 이로부터 얻어진 거리 데이터를 이용하여 지역형상 조각을 구성한다. 지역 형상 조각을 얻기 위해 다음과 같은 과정을 거친다.

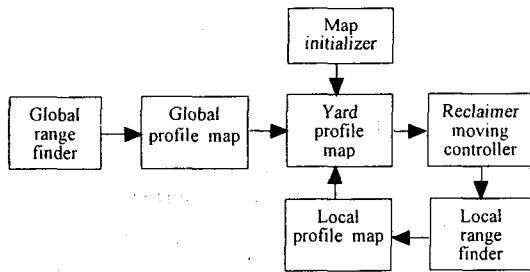


Fig. 1. 원료 파일의 형상 관리 모델

III. 형상 관리 시스템

1. 전체 형상 검출

전체 형상검출기는 비월시간 레이저 거리 측정기를 이용하는데 회전거울과 모터를 이용하여 두 축을 스캔한다. 회전 거울의 각도와 회전 모터의 각도값 및 그 각도에서 얻어진 거리 데이터 값을 이용하여 3차원 형상을 구성하고 불출기의 주행 거리 정보와 함께 전체 형상 지도 관리기에 전달한다.

2. 지역 형상 검출

(1) 보정(calibration)

먼저 stripe-light 거리 검출기에서 얻어진 영상 중 레이저 광원에 해당하는 화소값 (u, v) 로부터 실제 좌표 (x, y, z) 를 구하기 위한 matrix를 얻는 과정을 perspective transformation matrix 방법을 이용하여 보정하였다.[2]

(2) 영상 입력과 전처리

불출기의 붐이 선회하기 시작하면서부터 일정한 각도마다 레이저가 투사된 영상을 CCD 카메라로 입력한다. 선회시 수개의 영상을 순서대로 기억시키고 이때의 불출기의 주행위치 선회각도 부양 각도를 저장시켜 둔다. 입력된 각각의 영상은 광학 필터에 의해 레이저의 빛에 해당하는 영역만을 검출하고 이를 세선화하고, 세선화된 각 화소에 대해 위치값 (u, v) 를 센서 matrix에 대입하여 실제 좌표값 (x, y, z) 를 구한다. 이렇게 얻어진 거리 데이터는 지역형상검출기를 중심한 좌표계이므로 불출기 중심 좌표계로 변환한다.

(3) 지역 형상 조각 구성

얻어진 거리 데이터들과 불출기의 붐의 기하학적 좌표들로부터 불출기의 버킷에 의해 굴착된 지역에 대한 새로운 형상 즉 지역 형상 조각을 다음과 같이 구성한다.

- 각 입력 영상으로부터 얻어진 거리 데이터를 하나의 지역 형상 지도에 표시한다. 즉 기하학적 변환에 의해 전체 좌표들 (x_{ki}, y_{ki}, z_{ki}) , $k = 1, 2, \dots, m-1$, $i = 1, 2, \dots, n-1$ 를 계산한다. 여기서 k 는 선회와 동시에 이루어진 영상입력 순서이며 m 은 붐의 선회시에 얻어진 입력영상의 개수이다. 또한 i 는 각각의 입력된 영상에서 레이저 영역이 세션화된 후 선택된 수개의 화소 순서를 의미하며 n 은 그 화소의 개수를 의미한다. 이들 불출기를 중심으로 좌표계를 나타내는 영상 평면에 표시한다.
- 먼저 선보간으로서 Fig. 3과 같이 동일한 k 를 가지는 화소들 끼리 서로 선형적으로 보간하고 역시 동일한 i 를 가지는 이웃하는 화소들을 선형적으로 보간한다.
- 선보간의 결과로 지역 형상 지도는 이웃하는 화소들을 연결된 사변형의 빈 영역에 높이값을 설정해 주기 위해 영역보간을 실시한다. 사변형 안에 존재하는 임의의 점을 중심한 화소끼리 연결된 두 선분을 정하고, 두 선분에 대해 평균을 이루는 선분의 각도를 정의한다. 이 각도로 진행하면서 만나는 다른 두 선분의 화소값을 가지고 선형적으로 보간한다.

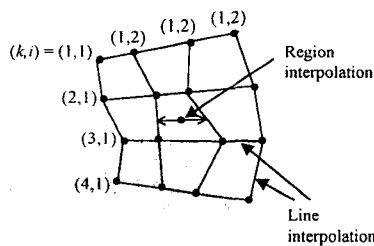


Fig. 3. 지역 형상조각의 구성을 위한 보간화

3. 야드 형상 지도 관리

야드 형상 지도는 원료 야드를 일정한 비율로 축소한 형태가 되며 야드의 길이와 너비에 따라 크기가 정해진다. 야드 형상지도 관리기는 먼저 야드 형상 지도를 초기화한다. 초기화는 원료 파일의 형상검출이 되어지지 않은 상태로서 야드 형상 지도의 모든 영역의 높이가 0이 된다. 최초

로 얻어지는 야드 형상지도는 전체 형상 검출기로부터 전달 받는다. 한 원료에 대한 1회의 형상 검출은 파일의 한 쪽 중에서도 형상 검출기로부터 관측될 수 있는 단면에 불과하다. 따라서 관측되지 않거나 전체 형상 검출기의 가시 영역을 벗어난 영역에 대한 정보를 제공하지 않는다. 따라서 야드 형상지도 관리기는 전체 형상검출과 지역 형상 검출로부터 얻어진 정보와 상위 컴퓨터로부터의 전달받은 야드 상태 정보 및 파일이 적치되면서 생기는 몇 가지 조건으로부터 실제의 야드의 추정하여 형상 지도를 구성한다. 이때 사용되는 조건은 다음과 같다.

- 원료파일은 긴 산맥과 같이 적치되어 있으며 양 끝단을 제외한 중간 지역의 단면은 일정한 안식각을 가지는 삼각형을 이루며 그 밑변의 길이는 원료 야드의 너비이다.
- 전체 형상검출기로부터 얻어진 형상 지도 중 형상검출기가 측정할 수 없는 영역 즉 폐색 (occluded) 영역은 파일의 안식각과 너비의 크기에 의해 보간하여 근사화 할 수 있다.

이러한 방법으로 구성된 야드 형상 지도를 기초로 하여 원료 불출이 이루어지고 나면 지역 거리 검출기에 의해 얻어진 지역 형상 조각 데이터가 전달되고 기존의 야드 형상 지도와 비교하여 상응하면 원래의 야드 형상 지도의 영역을 조각 영역의 고도 값으로 대체시킨다. 따라서 불출을 위한 작업이 이루어지면서 원료 파일이 변경됨과 동시에 야드 형상 지도도 변경되는 동적 형상관리 시스템이 구현된다.

IV. 실험 및 고찰

본 논문에서 제안한 시스템을 시뮬레이터를 이용하여 실험하였다. 불출기의 모형에 장착된 전체 형상검출기로 야드 파일 모형을 스캔하고 이로부터 전체 형상검출 알고리즘에 의해 구성된 형상을 야드 형상 지도 관리기로 보낸 후 야드 형상 지도에 표시한 결과를 Fig. 4에서 보여주고 있다. 이 야드 형상 지도를 근거로 좌측으로 붐을 선회하면서 불출을 실시하고 동시에 우측 지역 거리 센서에 의해 레이저의 영상을 입력하였다. 이때 영상을 입력하기 시작한 붐의 출발 각도는 38.5°이며 선회각도가 2° 증가할 때 마다 거리 데이터를 얻기 위한 영상이 입력되었다. 출발위치에서 종료 위치까지 선회하는 동안에 모두 10회의 영상을 입력하였다. 각 영상에 대해 레이

저 영역을 세선화 하고 중심 화소 (u, v) 의 좌표 들을 찾고 한 영상마다 10개의 좌표를 거리 검출 좌표로 선택하였다. 이 화소의 좌표들로부터 불 출기를 중심한 거리 데이터를 계산하고 각각의 거리 데이터 사이의 선형 보간을 실시한 결과를 Fig. 5(a)에서 보여주고 있다. Fig. 5(b)는 보 간된 영상으로부터 bilinear 보간을 적용하여 얻 어진 지역 형상 조각을 보여주고 있으며 Fig. 6 은 이를 3차원으로 표시한 결과이다. Fig. 7은 지역 형상 조각을 야드 형상 지도 관리자에게 전 달한 후 원래의 야드 형상 지도와 비교하여 해당 부분을 대치한 결과를 보여주고 있다. 한 쪽 방 향의 선회가 완료된 후 야드 형상 지도가 비교적 양호하게 재구성 되었음을 볼 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 원료 처리의 자동화를 위한 형 상관리 시스템을 제안하였다. 먼저 원료 야드의 형상관리를 위한 형상관리 모델을 제안하였는데 야드 형상 지도 관리기는 얻어진 3차원 형상 지 도와 지도 구성 조건으로부터 전체 야드의 적치 상황을 표현하였다. 불출작업이 진행되면 동적으 로 지역 형상 검출기를 작동하고 선회가 완료될 때마다 지역 형상 조각을 재구성하였다. 이것이 야드 형상 지도 관리기에 전달되면 기존의 야드 형상 지도와 비교하여 대치시킴으로서 불출 작업 과 동시에 이루어지는 동적 형상관리가 가능함을 보였다. 이로부터 원료를 적치할 경우의 적치 위 치를 자동으로 결정할 수 있으며 재고량을 계산 해 낼 수 있다. 또한 로봇 팔이 움직이면서 동시 에 팔에 부착된 센서로서 주위 환경에 대한 mapping이 가능하게 함으로서 극한 작업 로봇 및 우주 탐사용 로봇 등의 무인화 기술에 기여할 수 있을 것으로 기대할 수 있다.

참 고 문 헌

[1] R. A. Jarvis, "A Perspective on Range Finding Techniques for Computer Vision," PAMI, vol.5, no.2, pp. 122-139, Mar. 1983.
 [2] R. Y. Tsai, "A Versatile Camera Calibration Technique for High-Accuracy 3D Machine Vision Methodology Using Off-the-Shelf TV Camera and Lenses," IEEE Trans. Robotics Automat., vol.3, no.4, pp.323-344, Aug. 1987.

[3] I. Reid and M. Brady, "Model-based Recognition and Range Imaging for a Guided Vehicle," Image and Vision Computing, vol.10, no.3, pp. 197-207, 1992.
 [4] Hyunsik Ahn, Chintae Choi, Kwanhee Lee, and Yeong-Ho Ha, "Automation of a Reclaimer Using Global and Local Range Finding Systems", IS&T/SPIE Electronic Imaging '96: Science and Technology, Jan. 27, SPIE vol.2665, pp.26-35, 1996.

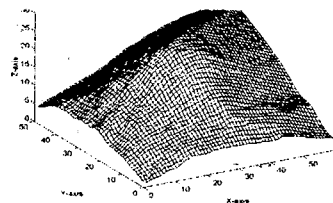


Fig. 4. 전체 형상 검출에 의한 파일 형상 지도



Fig.5. 지역 거리 검출 데이터의 보간 과정
(a) 선보간 (b) 보간 결과

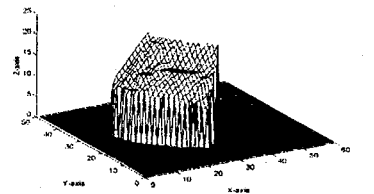


Fig. 6. 지역 형상 조각의 3차원 도시결과

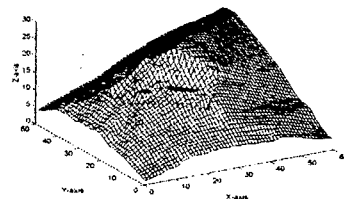


Fig. 7. 야드 형상 지도의 재구성 결과