

퍼지推論을 利用한 靴型復原 裝置에 관한 研究

김영탁* · 박주원* · 탁한호** · 이상배***

*한국해양대학교 대학원, **진주산업대학교 전자공학과, ***한국해양대학교 전파정보통신공학부

A Study on the Intelligent 3D Foot Scanning System

Y. T. Kim* · J. W. Park* · H. H. Tack** · S. B. Lee***

*Graduate school of National Korea Maritime University, Pusan 606-791, Korea

**Dept. of Electronic Engineering, Jinju National University, Jinju, South Korea

***Division of Radio and Information Communication Engineering, National Korea Maritime University, Pusan 606-791, Korea

요약 : 본 논문은 맞춤형 신발제작을 위하여 신발에 필요한 화형제작용 데이터를 3차원 측정 장치를 통해 획득한 발의 형상을 인공지능 기법을 기반으로 하는 최적화된 형상을 복원하는 방법을 제시하고자 한다. 본 연구를 위해 개발된 시스템은 PC를 기반으로 하는 기존의 3차원측정 방식을 이용하여 상, 하, 좌, 우로 각각 장착된 8대의 CCD 카메라와 4대의 laser를 통해 화형 및 발의 형상 데이터를 획득한다. 획득된 데이터들은 인공지능 기법을 이용한 영상처리 알고리즘으로 처리되며, 처리 결과는 기존의 지능 기법을 도입하지 않은 시스템에 비해 노이즈제거 특성이 향상되었고, 후처리과정을 간소화 할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 3차원 측정을 위해 하드웨어적인 부분과 이를 제어하기 위한 소프트웨어 및 GUI로 전체 시스템을 구성하고, 본 논문에서는 데이터 처리용 소프트웨어에서 입력영상의 전처리 과정 중 영상의 이진화 단계에서 임계값을 결정하기 위하여 퍼지추론을 사용하였으며, 이에 대한 결과를 제시하고자 한다.

핵심용어 : 머신비전, 3차원 측정, 화형(Last), 마이크로 콘트롤러, 퍼지추론

ABSTRACT : In this paper, for manufacturing a custom-made shoes, shape of foot acquired three-dimensional measurement device which makes shoe-last data for needing a custom-made shoes is founded on artificial intelligence technique and it shows method restoring to the original shape in optimized state. the developed system for this study is based on PC which uses existing three dimensional measurement method. And it gains shoe-last and data of foot shape going through 8 CCD(Charge Coupled Device) Which equipped top and bottom, right and left sides and 4 lasers which also equipped both sides and upper and lower sides. The acquired data are processed image processing algorithm using artificial intelligence technique. And result of data management is better quality of removing noise than other system not using artificial intelligence technique and it can simplify post-processing. So, this paper is constituted hardware and software system and it used Fuzzy inference for determining threshold value, when input image on pre-processing step is being stage of image binarization and present that results.

KEY WORDS : Machine vision, 3D Measurement, Last, Micro Controller, Fuzzy inference

1. 서 론

신발을 제작하는 것이 관건이다. 또한 소비자 역시 자신의 신체와 꼭 맞는 제품을 선호하고 있는 실정이다.

발의 모양은 사람들마다 제각기 다르고, 또 사람의 발은 좌·우의 크기가 서로 달라서 기존의 시스템은 두 발 중 큰 발에 맞춰서, 혹은 일반화된 틀을 바탕으로 구두나 신발을 제작했다. 현대에는 여러 반면에서 다양화된 신발을 제작하는 경향이 있다.

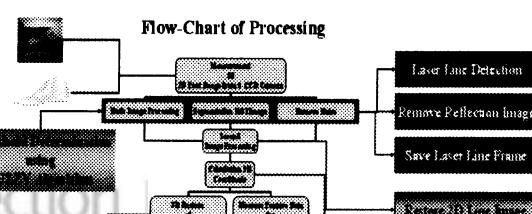
현재의 신발산업은 대부분의 업계들이 서로 비슷한 수준의 디자인과 제작 기술을 바탕으로 시장을 점유하고 있다. 이런 여러 기업들 중에서 이제는 기술력이나 디자인보다도 메이커(브랜드)의 차별화된 특성을 더 중요하게 여기고 있다. 특히 디자인이나 기술력은 이미 고도화된 단계에 접어들었기 때문에, 디자인이나 기술력은 이미 고도화된 단계에 접어들었기 때문에, 디자인이나 기술력은 이미 고도화된 단계에 접어들었기 때문에, 디자인이나 기술력은 이미 고도화된 단계에 접어들었기 때문에,

어 있고, 다양한 응용분야를 가지고 있다. 따라서 이러한 기술들을 신발업계에 적용한다면 소비자 측면에서 만족감과 신뢰성을 더 할 수 있으리라 기대된다. 예를 들어 의학계에서는 초음파, CCD 카메라 등, 여러 전자 장비를 사용한 측정 장비가 많이 보유되어 있고, 계속 그 성능을 향상시키고 있다. 또 환자의 신체 일부를 검진하거나 측정하는데 사용되고 있어서 정확도 또한 우수하다. 하지만 수요가 적고 정밀 장비라서 고가이므로, 일반 신발업계나 영세 구두 제작업계에서는 장비를 구비하기가 불가능한 실정이며, 개발자도 부족한 현실이다. 현재 이런 장비의 보급은 장비의 고가로 인하여 제한적으로 우량기업을 중심으로 보유하고 있어서 보급률도 적은 편이며 사용자층도 아주 작은 편이라 아직은 맞춤 신발을 만들기에는 그 비용의 부담이 큰 편이다. 또한 국내에는 이런 장비의 개발이 없는 실정이라 고가의 장비를 수입에 의존하여 사용하고 있다. 그러므로 의료 장비를 적절히 응용하고 최근의 이론과 신기술을 바탕으로 이런 장비를 국산화한다면 저렴한 가격으로 장비를 구입할 수 있다. 또한 제품 개발에서 종종 발생하는 기계적, 전자적인 문제점을 개선하기 위해서 퍼지나 신경망 등의 인공지능 기법이 필요하고, 이로 인해 더욱더 인체 공학적인 구두를 설계 및 제작할 수 있다.

본 논문에서는 인공지능형 삼차원 발스캐닝 시스템의 기구학적 구성과 소프웨어적 구성인 획득된 화형정보, 즉 각각의 화형의 데이터의 파라메터를 획득하는 과정을 소개할 것이다.

2. 영상 향상 및 전처리

본 논문은 구성한 시스템에서 실시간으로 획득하는 영상의 기본적인 전처리 과정 중 이진화 영상을 얻기 위한 임계값 결정을 신경망으로 처리하였으며, 캡쳐 보드로부터 획득된 영상데이터로부터 3차원 영상 복원까지의 처리과정은 다음의 Fig. 1과 같다. Fig. 1에서와 같이 본 시스템에서 퍼지알고리즘을 적용한 부분은 기본적인 영상처리와 최종단에서 추출된 개인의 발수치 데이터를 가장 적합한 표준 화형으로 결정하기 위하여 사용하였다. 본 논문에서는 영상처리에서 이진화시 문제 되는 임계값을 결정하는 부분에 대하여 서술하겠다.



2.1 퍼지 추론에 의한 영상의 최적 임계값 추출 방법

영상의 전처리과정에서 조명의 종류라든지 밝기의 정도를 결정하는 작업과 임계값을 결정하는 일은 수동적인 작업을 필요로 하며 대부분 많은 실험과 경험을 바탕으로 이루어지고 있다. 따라서 본 논문에서는 퍼지 이론을 적용하여 적절한 임계값을 추출하는 것을 제안하였다. 영상에서의 임계값은 이진화 처리에서 영상을 추출하거나 배경과 대상을 분리하는데 사용되는 중요한 값이며, 본 논문에서는 CCD카메라로부터 이미지 그레디언트 보드를 사용하여 그레이 레벨의 영상을 실시간으로 획득하기 때문에 외부의 영향으로 인한 변화가 많으므로 일반 이미지 파일과는 다르게 임계값의 결정은 가장 핵심이 되는 부분이다.

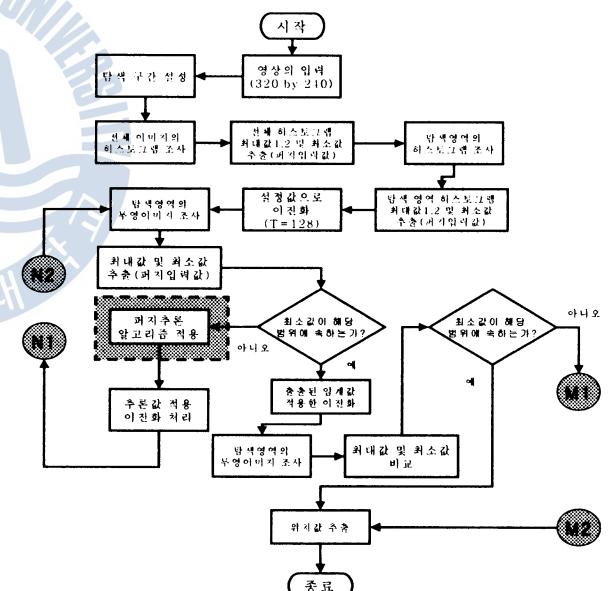
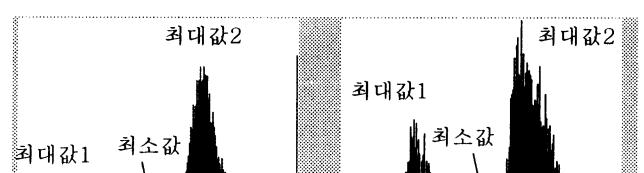


Fig. 2 Flow chart of extracting threshold value

전체 처리 과정 중 퍼지추론을 이용하여 임계값을 추출하기 위한 퍼지 추론 알고리즘의 전체적인 처리 순서는 위의 Fig. 2와 같다. Fig. 3에서와 같이 전체 이미지의 히스토그램과 텁색 영역의 히스토그램 그리고 투영이미지를 이용하여 퍼지 제어기의 입력 값을 설정한다.



퍼지 제어기의 전건부 입력 변수의 선정은 본 시스템을 반복적인 실험을 통하여 가장 시스템 환경에 적합한 요소들로 구성되었고, 대상물의 특징을 고려하여 입력되는 값의 범위를 결정하였으며, 실제 퍼지 제어기로 입력되는 변수를 선정하기 위한 요소는 다음 5개의 항으로 표현된다.

- ① 전체 히스토그램에서의 첫 번째 최대값
- ② 전체 히스토그램에서의 두 번째 최대값
- ③ 탐색영역 히스토그램에서의 첫 번째 최대값
- ④ 탐색영역 히스토그램에서의 두 번째 최대값
- ⑤ 투영이미지에서 최소값의 빈도수

위의 5개의 요소를 이용하여 2입력 1출력을 가지는 퍼지 제어기로의 입력값을 구하는 방법 및 임계값을 구하는 과정을 Fig. 4으로 표현하면 아래의 Fig. 4와 같다.

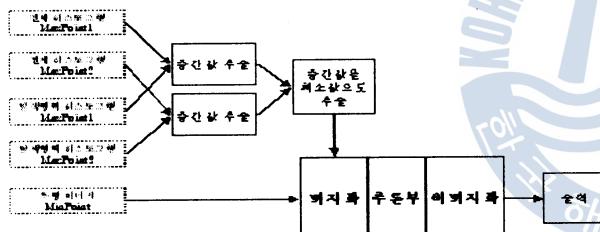


Fig. 4 Extraction of threshold value using Fuzzy inference

퍼지 입력 변수의 선정은 입력되는 5개의 요소와 실험을 통하여 입력되는 영상의 패턴으로 분석된 제약 조건에 따라서 다음과 같이 5개의 조건이 있다.

$$\text{① 전체 히스토그램에서의 첫 번째 최대값의 분포 놓도 범위 } 45 \leq T_{\max 1} \leq 128 \quad (1)$$

$$\text{② 전체 히스토그램에서의 두 번째 최대값 분포놓도 } 128 \leq T_{\max 2} \leq 190 \quad (2)$$

$$\text{③ 탐색영역 히스토그램에서의 첫 번째 최대값 분포 놓도 } 50 \leq Th_{\max 1} \leq 128 \quad (3)$$

$$\text{④ 탐색영역 히스토그램에서의 두 번째 최대값 분포놓도 } 128 \leq Th_{\max 2} \leq 200 \quad (4)$$

$$\text{⑤ 투영이미지에서 최소값의 빈도수의 적합도 } 0 \leq F_{\text{fitness}} \leq 100 \quad (5)$$

여기서 $T_{\max 1}$, $T_{\max 2}$ 은 입력 영상의 전체 히스토그램에서의 최대값이고, $Th_{\max 1}$, $Th_{\max 2}$ 는 탐색영역에 해당한다. 또한 임

$$100 \leq T_{\text{out}} \leq 140 \quad (6)$$

여기서 T_{out} 은 퍼지 추론 결과로 추출된 임계값이다. 전체 히스토그램과 탐색영역의 히스토그램을 조사 비교하여 중간 값을 추출하는 방법은 아래의 식(7)과 Fig. 5와 같다.

$$C = \frac{A + A'}{2}, \quad C' = \frac{B + B'}{2}, \quad D = \frac{C + C'}{2} \quad (7)$$

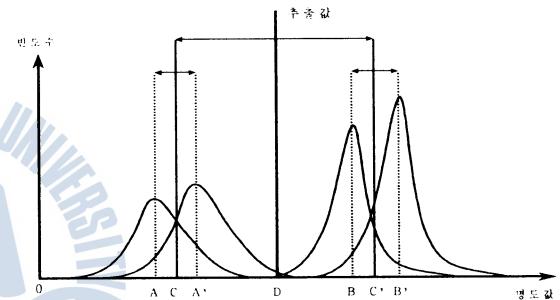


Fig. 5 Determination of input value using histogram

따라서 위에서 논의한 조건에 따라서 2입력 1출력의 퍼지 추론기의 입력 변수 값의 영역(range)을 이에 대응되는 전체집합으로 사상시키고, 입력 값에 대하여 적당한 언어적인 값으로 변환하고, 언어적 값을 멤버쉽 함수로 바꾸는 퍼지화 및 추론 목적과 전문가에 의한 제어 규칙을 언어적인 규칙으로 표현하고 정의한 추론규칙 및 출력된 퍼지값을 실제 출력 집합에 맞게 크기를 변환하는 비퍼지화의 과정을 아래와 같이 구성된다.

다음의 Fig. 6은 앞 절에서 설명한 과정을 통하여 추출된 입력 임계값의 소속함수(membership function)이다. 입력 값의 범위는 다음과 같다.

$$100 \leq \text{Input1} \leq 140 \quad (8)$$

여기서 Input1은 앞절에서 히스토그램에 의하여 추출한 값이며 퍼지추론기의 첫 번째 입력 값이다.

같은 방법으로 Fig. 7은 퍼지 추론기의 두 번째 입력으로 값의 범위는 다음과 같다.

$$0 \leq \text{Input2} \leq 255 \quad (9)$$

퍼지推論을 利用한 靴型復原 裝置에 관한 研究

본 논문에서는 각 조건 및 퍼지추론기에서 사용되는 모든 입력 변수 및 출력값의 구간을 S(Small), SM(between Small and Medium), M(Medium), MB(between Medium and Big), B(Big)로 5부분으로 나누었다. 그리고 입력 값에 대하여 퍼지화를 하기 위하여 삼각형 형태의 퍼지수를 사용하여 퍼지화 하였다.

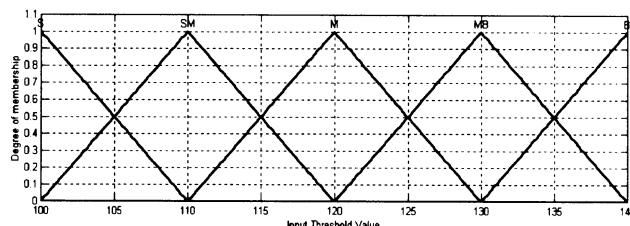


Fig. 6 Membership function of result from histogram analysis

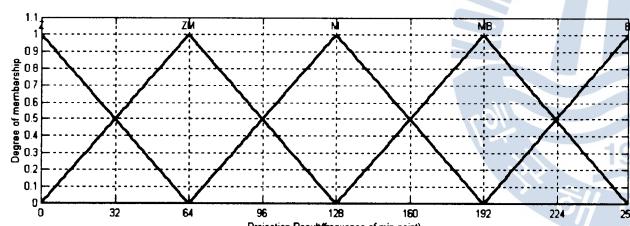


Fig. 7 Membership function of result from projection image

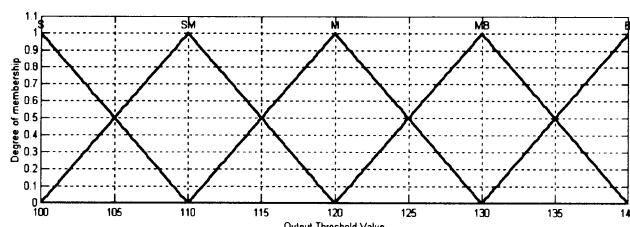


Fig. 8 Membership function for extracting threshold value

Table 1 Fuzzy inference rule for extracting threshold value

HV PF	Z	ZM	M	MB	B
Z	MB	M	M	ZM	Z
ZM	M	MB	M	ZM	Z
M	ZM	MB	M	M	ZM
MB	ZM	MB	MB	M	ZM

위의 표(1)은 히스토그램 분석에 의한 입력 값과 투영이 미지의 최소 값의 빈도수에 대한 25개의 퍼지 제어 규칙이다. 이는 두 개의 입력 값에 대하여 대상물의 이진화를 위하여 임계값을 추출하기 위한 퍼지 제어 규칙으로 표에서 보는 바와 같이 입력(HV)가 Z이고, 입력(PF)가 Z이면 출력은 M이된다. 추론규칙은 출력 멤버쉽의 중간 값인 120을 기준으로 임계값이 상향 또는 하향 조정되도록 구성되어 있다. 아래의 Fig. 9는 퍼지 추론 과정에서 입력과 출력 변수에 따른 퍼지 추론기의 전체적인 블록도를 나타내며, 추론법은 앞장에서도 제시했듯이 맘다니(Mamdani)가 제안한 직접법을 사용했음을 밝혀둔다.

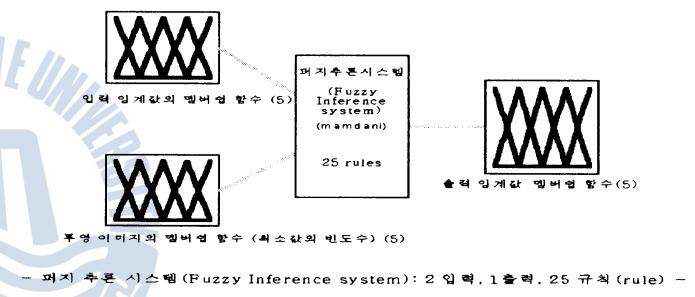


Fig. 9 Block diagram of processing Fuzzy inference for extracting threshold value

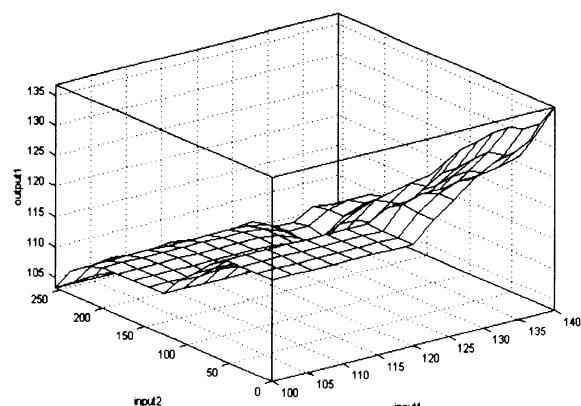


Fig. 10 Fuzzy inference rule of control plane

- input1 : 전체 히스토그램과 대상물의 히스토그램 분석으로 추출된 값
- input2 : 대상물 이진영상의 투영 이미지에서 최소 값의 빈도수
- output : 임계값

Fig. 10은 표에서 제시한 이 축력에 따른 퍼지 추론 규칙

3. 카메라 캘리브레이션

3차원비전에서 카메라에 의한 영상은 중심사영 또는 투시사영(projective projection)이라고 불리는데, 카메라는 영상중심과 초점거리등의 내부 변수(intrinsic parameters)를 갖고 있다[3]. 또한, 카메라 좌표계(camera coordinate system)와 세계 좌표계(world coordinate system)의 상호간에 변환으로는 회전(rotation)과 병진(translation)이 있으며 이러한 것은 외부 변수(extrinsic parameters)라고 한다. 즉 카메라의 교정은 카메라의 내부변수와 외부변수를 구하는 과정을 말한다[3][4][5]. 영상으로부터 3차원 형상 등의 복원을 위해서는 카메라의 보정은 필수적이라 할 수 있다.

3.1 카메라모델과 중심사영

영상 평면 I로부터 거리 f 만큼 떨어진 곳에 I'에 평행한 F를 두고, 그 위의 점 C에 핀홀(pinhole)을 뚫었다. 물체로부터 들어오는 빛은 핀홀, 즉 점 C를 통해서 영상 평면에 상을 맺는다. 물체의 점과 핀홀, 영상평면위의 상은 일직선상에 있다. 이와 같은 상영을 중심사영(perspective projection)이라고 부른다. 점 C를 렌즈중심(focal point), 또는 초점(focus)이라고 하고, 면 F를 초점면(focus plane), 렌즈중심으로부터 영상 평면까지의 거리 f 를 초점거리(focal length)라고 한다. 점 C를 지나고 영상평면에 수직인 선을 광축(optical axis)이라고 부르며, 이것과 영상평면과의 교점 c를 영상중심(principal point)이라고 한다. 또한, 광축은 초점면에서도 직교하며 이와 같은 모델은 CCD카메라를 정확히 기술하고 있다. 아래의 Fig. 11은 핀홀 카메라의 모델을 나타내고 있다.

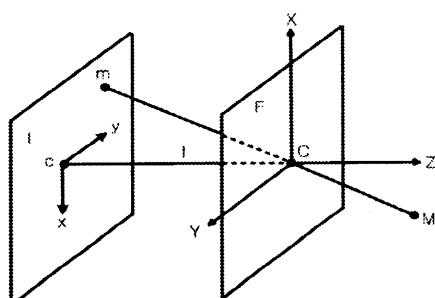


Fig. 11 Model of Pinhole Camera

중심 사영의 방정식을 기술하는 좌표계를 정의하면, 영상좌표계는 영상중심 c를 원점으로 하고, x축과 y축은 각각 카메라 광축과 일직선상에 있고, z축은 광축과 직교하는 방향을 가진다.

systems)라고 한다. 이상의 좌표계를 이용하면, 3차원 좌표와 2차원 영상 간에는 식(10)의 관계가 성립한다.

$$x = f \frac{X}{Z}, \quad y = f \frac{Y}{Z} \quad (10)$$

3.2. 보정 방법

본 논문에서는 간편하고 효과적인 카메라 보정법인 Tsia의 단일 평면 보정법(coplanar calibration method)을 이용하여 불확실한 보정계수를 제외한 보정 파라미터 값을 획득하였다. 카메라의 보정과정은 먼저, 보정점을 추출하고, 각 보정점에 대해 영상좌표계상의 좌표와 세계좌표계 상의 좌표를 얻은 후 보정점을 정의한다. 보정점을 정의한 후 Tsia의 단일 평면 보정법을 이용하여 보정파라미터 값을 추출, 보정 계수의 최적화를 통해 모든 보정 파라미터 값을 최적화(optimization)한다[3][4]. 본 논문에서는 8대의 카메라를 같은 세계 좌표계에 대해 보정하므로 별도의 병합과정(registration)이 불필요하다[5].

4. Scanning System의 전체구조

본 논문에서 제안한 삼차원 발스캐닝 시스템은 하드웨어시스템과 소프트웨어시스템으로 나뉘어 진다. 하드웨어 시스템은 8대의 CCD (Charge-Coupled Device) 카메라와 4개의 슬릿 빔 laser(slit-beam laser)를 이용해 화형 데이터를 획득하는데 각각의 CCD 카메라는 카메라 보정(Camera Calibration)작업을 거치므로 획득한 화형데이터를 소프트웨어적으로 복원하는 과정을 간소화 하였다.

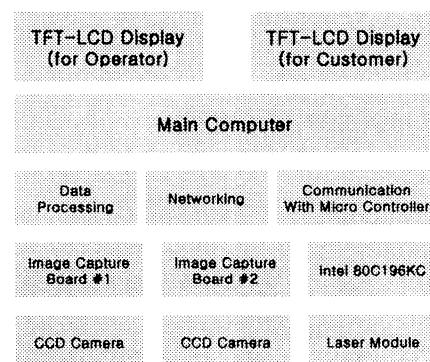


Fig. 12 Block Diagram of 3D Foot

Scanning System

폐지推論을 利用한 靴型復原 裝置에 관한 研究

되는 산란이나 굴절 또는 외부의 충격으로 인한 카메라의 흔들림과 같은 잡음을 제거하고 최적화된 형상 복원을 위하여 인공지능 기법을 기반으로 하는 필터링 프로그램으로 구현하였다.

4.1 프레임 이송부

본 논문에서는 3차원 비전(3D Vision)을 이용한 형상복원 기술에 의하여 생성된 데이터를 기반으로 한다.

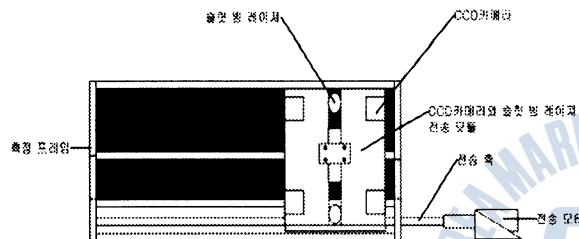


Fig. 13 Measurement Frame of 3D Foot Scanning System

본 논문에서는 8대의 CCD (Charge-Coupled Device) 카메라와 4개의 laser를 이용해 사람들마다 각기 다른 발의 길이, 높이, 폭과 곡면 등의 수치데이터를 3차원적으로 합성하여 형상을 복원한다.

본 논문에서 구현한 측정 프레임의 작동은 먼저 전송 모터에서 동력을 전송 축에 공급하게 된다. 동력을 전달 받은 전송 축은 CCD 카메라와 슬릿 빔 laser 전송 모듈을 대상 측정 방향으로 이송시키며 측정 대상물을 측정하게 된다. 측정을 완료한 CCD 카메라와 슬릿 빔 laser 전송 모듈은 다시 처음의 위치로 복귀하게 된다. Fig. 2는 삼차원 발스캐닝 시스템의 측정프레임의 기구학적 구성을 보여주고 있다. Fig. 13에서와 같이 한 면에는 4개의 카메라 모듈과 두 개의 laser로 구성되어 있다.

4.2 Laser 및 이송 모터 제어 시스템

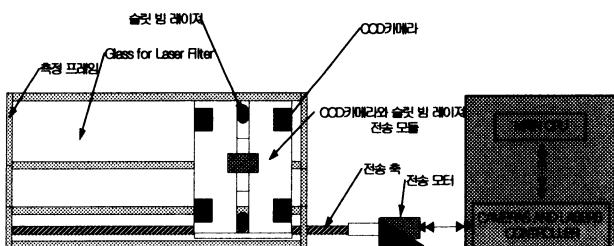


Fig. 14 Mechanical Configuration of CCD Camera and Slit Beam Laser Module Controller

먼저 제어기는 측정 대상을 측정하기 위해 CCD 카메라와 슬릿 빔 laser 전송 모듈이 대상 진행방향으로 이송 시 카메라와 laser 제어기에서 카메라와 laser의 상태를 활성화 시켜 상하좌우 기하학적 구조로 장착된 laser를 통해 투영되는 측정 대상물의 이미지를 각각의 8대의 CCD 카메라가 획득하게 된다. CCD 카메라가 측정 대상물의 이미지 획득을 완료하게 되면 카메라와 laser 제어기에서는 카메라와 laser의 상태를 비활성화한 후 CCD 카메라와 슬릿 빔 laser 전송 모듈을 본래의 위치로 복귀시킨 뒤 다음 명령을 대기한다. Fig. 14는 CCD 카메라와 슬릿 빔 laser 전송 모듈 제어기의 구성도 나타내었다.

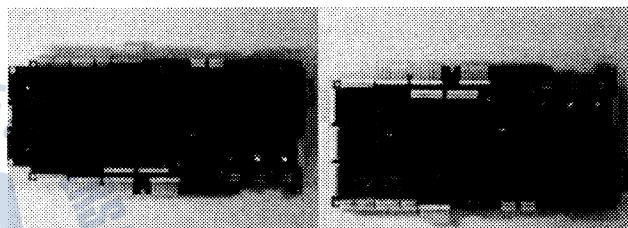
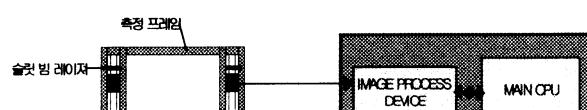


Fig. 15 Control System of CCD Camera and Slit Beam Laser Panel

위의 Fig. 15는 본 논문에서 실제로 구현한 인텔 80C196KC를 이용한 CCD 카메라와 슬릿 빔 laser 전송 모듈의 전원 제어 및 이송 제어기를 나타내고 있다.

4.3 영상획득 시스템

상하좌우 기하학적인 형태로 각각 장착된 8대의 CCD 카메라로부터 획득되는 이미지 데이터를 획득하기 위해 본 논문에서는 이미지 처리장치를 구현하였다. 본 논문에서 구현된 이미지 처리장치는 두 개의 이미지 처리장치를 사용 각각의 CCD 카메라를 4대씩 수용 할 수 있게 구성 하였다. 이미지 처리장치의 구현을 위해 사용된 칩은 TV 방송을 수신할 수 있는 튜너를 비롯해, NTSC/PAL/SECAM 방식의 아날로그 비디오 입력을 받아 고화질의 영상을 출력할 수 있는 CONEXANT사의 Fusion 878A 디코더 칩을 사용하였다. 구현된 이미지 처리장치는 TV수신 카드에서 TV튜너만 때어 놓은 형태로 오버레이기능을 하드웨어적으로 수행하고 소프트웨어를 이용해 캡처하는 방식을 사용했다.



위의 Fig. 16은 영상획득 시스템의 계략적인 구성을 나타내고 있다. 각각의 채널은 스위칭 방식으로 이미지 데이터를 획득하고 있으며 스캔과정 중 4채널로 나누어 측정 되어진다. 실제 테스트 결과 이진화 처리를 입력영상에 대하여 적용한 결과 5frame/sec정도의 성능을 보였다. 따라서 카메라와 laser 프레임이 측정 구간을 이동하는 동안 다량의 영상 데이터를 획득하기 위해 DC 모터의 회전 속도를 줄이기 위해 감속기를 사용하였으며 기어 비는 35대 1이다.

5. 실험 및 결과

본 장에서는 앞장에서 제안한 시스템 구조와 영상처리를 바탕으로 실험한 결과를 제시한다. 아래의 Fig. 17은 실제 기구적인 프레임 구조로 CCD camera와 slit beam laser module 및 대상물을 측정하기 위한 전체 구조물을 나타낸다. 아래의 Fig. 17에서 가운데의 Fig.은 측정 module의 이송부를 나타내며, 측정 구조물의 좌우에 설치된 module은 모터의 구동으로 좌우로 이동하게 된다. 측정 프레임에는 한 면에 4개의 CCD Camera 와 laser 모듈이 설치되어 있다. 데이터의 획득은 측정프레임이 이송되는 동안 실시간으로 얻어지며, 하나의 camera에서 약 200 frame의 영상 데이터가 얻어진다.

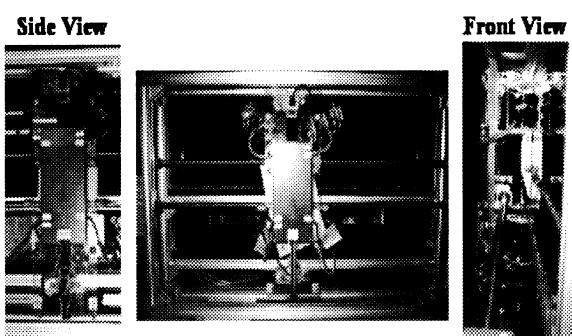


Fig. 17 Structure of CCD Camera and Laser Module

다음의 Fig. 18은 모터 제어부의 구성으로 CCD 카메라 및 laser 모듈을 측정 프레임을 따라 이송시키는 역할을 한다. DC 모터의 제어는 인텔 80C196KC 마이크로 컨트롤러를 사용했으며, 측정 구간동안 좌우에 설치된 리미트(limit) 검출과 DC 모터 회전축에 설치된 로터리 엔코더로부터 출력되는 펄스를 입력받아 정·역회전 제어 및 이송한 거리를 측정한다. 또한

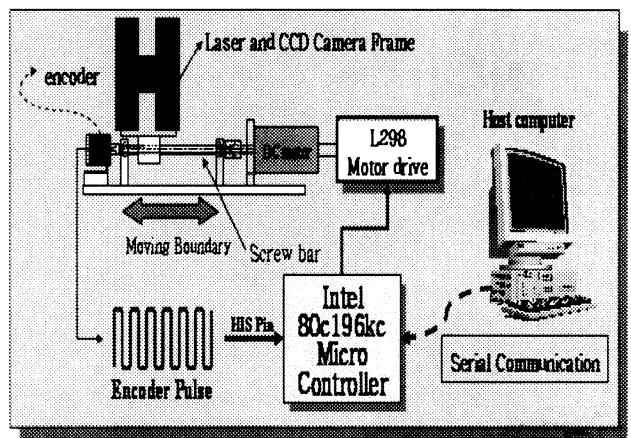


Fig. 18 Interface relationship of the control part and PC

아래의 Fig. 19는 실제 제작된 제어기의 내부 구조이며, PC 와 영상 캡쳐보드 및 모터 컨트롤러를 위한 마이크로 컨트롤러가 내장되어 있다. 마이크로 컨트롤러는 PC의 PCI 슬롯에 장착되어 PC의 전원을 이용하여 모터 컨트롤과 카메라와 laser의 전원 제어의 역할을 겸하고 있다.

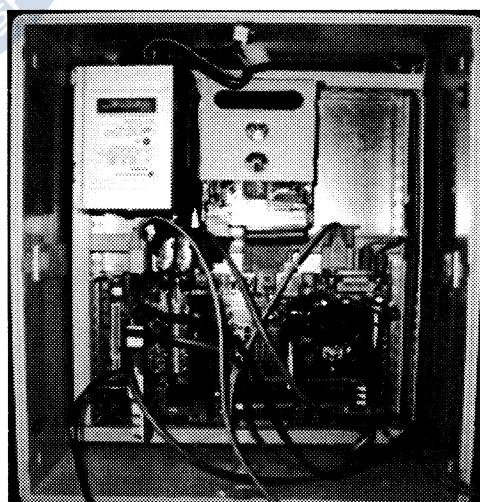


Fig. 19 Internal structure of control box

다음의 Fig. 20은 발 측정 시스템의 외부 구조와 실제 측정 모습을 나타낸다. 외부 구조는 스캔 과정과 데이터 처리 및 시스템 상태를 관찰할 수 있는 두 개의 TFT-LCD 모니터와 스캔이 이루어지는 영역 제어기로 구성된다. 측정은 왼쪽 발과 오른쪽 발 순으로 2번에 걸쳐 수행이 되며, 한번 스캔하는데 소요되는 시간은 약1분에서 1분 30초 정도이다. 이는 앞에서도 서술

퍼지推論을 利用한 靴型復原 裝置에 관한 研究

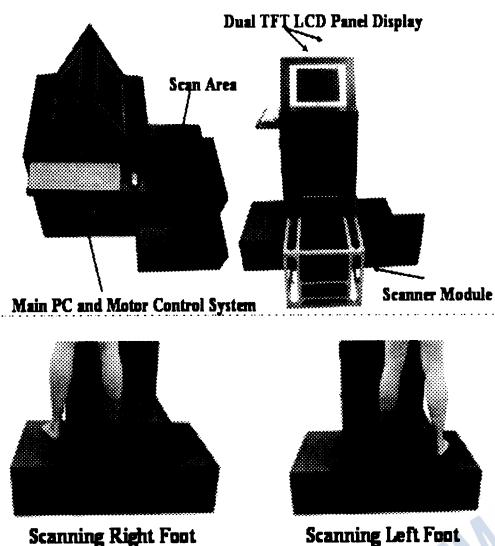
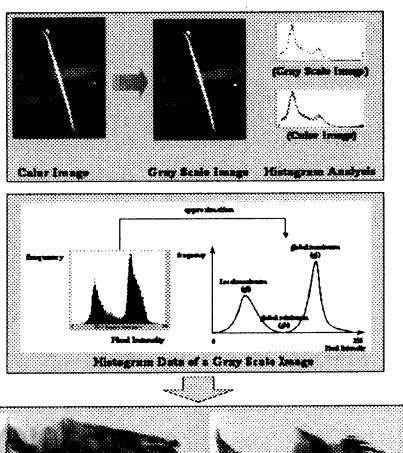


Fig. 20 Measurement and external form of system

다음의 Fig. 21에서 상단의 좌측에 보이는 Fig.이 실제 대상 물에서 얻어지는 laser slit line으로 YUV 포맷의 칼라영상을 그레이 영상으로 변환 후 히스토그램 패턴을 조사한다. 추출된 히스토그램의 대표 값, 분포영역, 패턴의 형태 등을 퍼지추론 입력 값으로 사용한다. 출력 결과는 최종 단의 Fig.과 같이 그레이 영상에서 실제 last 데이터 측정용으로 laser slit beam 영역만 분리 하도록 적정한 임계값을 적용한 이진 영상이 얻어진다. 따라서 측정 구간동안 얻어지는 200개의 영상 프레임에서 실제 필요로 하는 영역을 분리 후 각 프레임의 히스토그램 정보를 이용하여 퍼지추론 통해 엔코더의 펜스수를 이용하여 모든 프레임을 재조합하면 최종 단의 Fig.과 같은 형태가 얻어진다.



화 영상을 표시한 것이다. 이 Fig.은 대상 물체에 laser 슬릿광을 주사하여 카메라 프레임의 이동 속도와 이미지 그레비 보드의 캡쳐 속도를 동기화하여 획득되는 RGB칼라영상에서 필요 한 부분을 분할 후 그레이 영상으로 변환하여 제안한 퍼지추론을 이용한 적응 이진화를 통하여 획득된 결과이다.

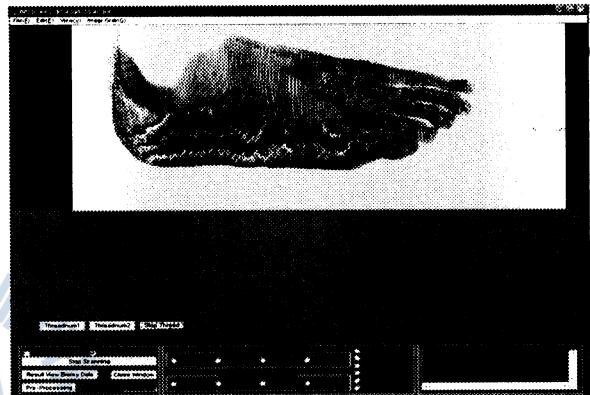


Fig. 22 Binarization result using Neural Network

아래의 Fig. 23는 3차원 형상 복원을 통해 구현된 발의 형상을 이용하여 화형을 제작하는데 필요한 발의 특징적인 치수를 나타내는 것으로 본 시스템에서 정의한 신골을 제작하기에 필요 한 발의 특징을 제시한 것이다. 전체 15개의 파라메터로 구성되며, 이는 사용자가 필요한 부분에 대하여 추가가 가능하다.

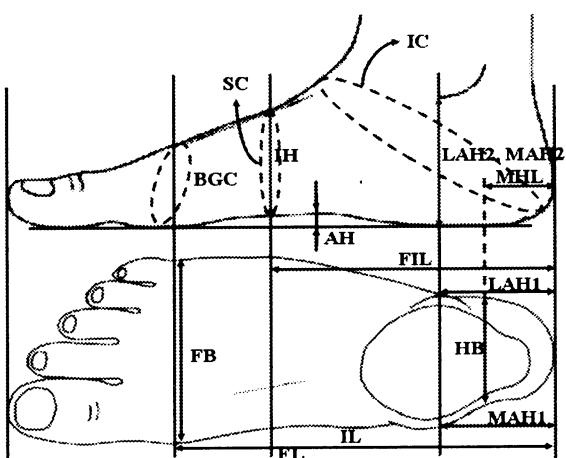


Fig. 23 Definition of Foot Parameters

Fig. 24는 측정 시 사용되는 메인 프로그램으로 위에서 구한 파라미터를 바탕으로 좌측과 우측의 발의 실제 수치 데이터를 획득한 예로 보여주고 있다. Fig. 22에서의 각각 오른쪽에 대

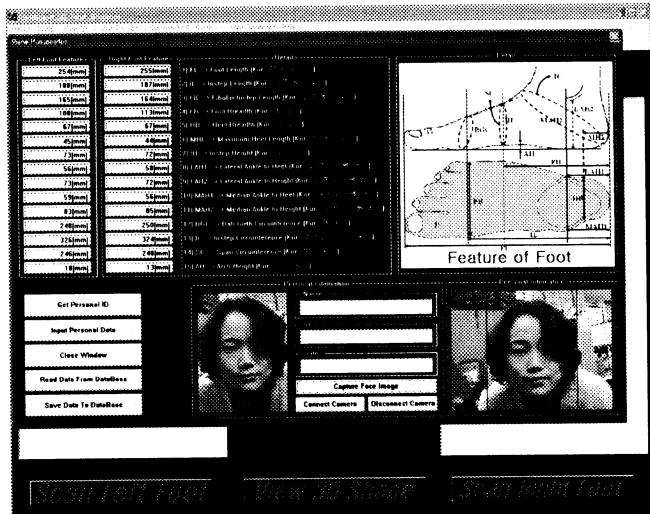


Fig. 24 Measured data set of left foot and right foot

아래의 Fig. 25에서 Fig. 27은 프레임 별 임계값의 분포를 나타낸 것으로 데이터 수는 전체 측정 과정에서 하나의 카메라로부터 얻어진 200개의 프레임을 대상으로 조사하였다. 먼저 Fig. 25는 200개의 프레임을 BMP file로 저장 후 조작자가 직접 적당한 임계값을 선택한 경우이고, Fig. 26은 퍼지추론을 기반으로 하여 얻어진 임계값 출력을 나타낸다. 그리고 Fig. 27은 이 두 경우에 대하여 오차의 분포를 나타낸다. 따라서 가장 적당한 임계값의 범위는 150에서 170사이의 값임을 알 수 있고, 퍼지추론 출력 결과도 양호한 것을 알 수 있다.

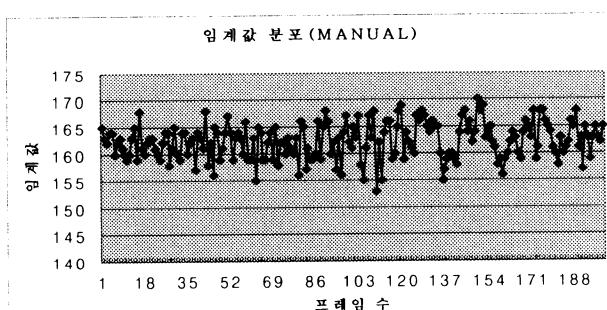


Fig. 25 Distribution of threshold value(manual)

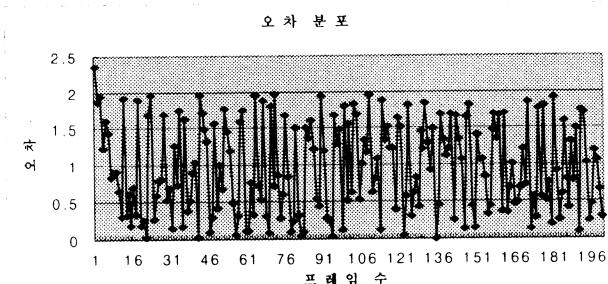
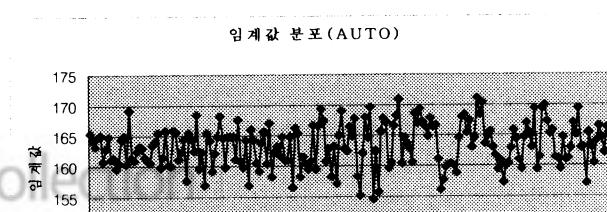


Fig. 27 Error distribution of threshold value

6. 네트워크시스템의 연동

본 장비의 제작 목적은 가장 적합한 데이터를 바탕으로 이를 바 주문형 신발제작을 위한 것이다. 그러나 현재 대부분의 업체에서는 표준 신골 또는 화형을 바탕으로 치수별 신발을 제작하고 있다. 그리고 모든 사람의 신골을 만들기란 어려운게 사실이다. 따라서 본 연구에서는 위에서 얻어진 데이터를 가장 근사한 표준 신골 데이터로 근사화하여 측정한 실제 치수와 같이 제공한다. 또한 측정 결과물을 인터넷 상에서 소비자들이 이용할 수 있도록 데이터베이스에 저장된다. 아래의 Fig. 28은 소비자가 매장이라든지 기타의 방법으로 측정한 화형 데이터를 소비자뿐만 아니라 제작자 까지 이용 할 수 있는 과정을 보여 주고 있다.

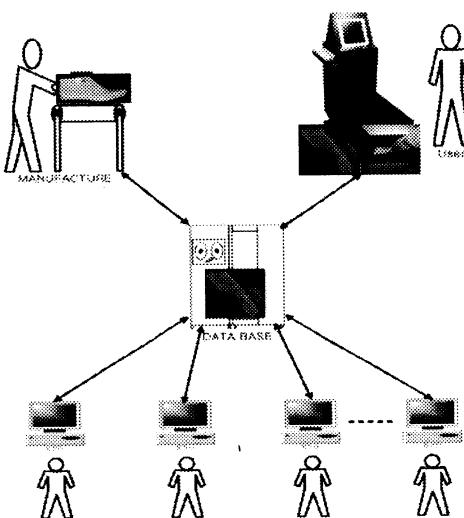


Fig. 28 Measurement and Using shoe-last data

터들을 확인하고 있는 예를 보여주고 있다. Fig. 29와 같이 유저가 자신의 화형 데이터를 확인한 후 실물의 화형을 제작을 원한다면 유저는 바로 제작자에게 화형의 제작을 의뢰를 할 수 있다.

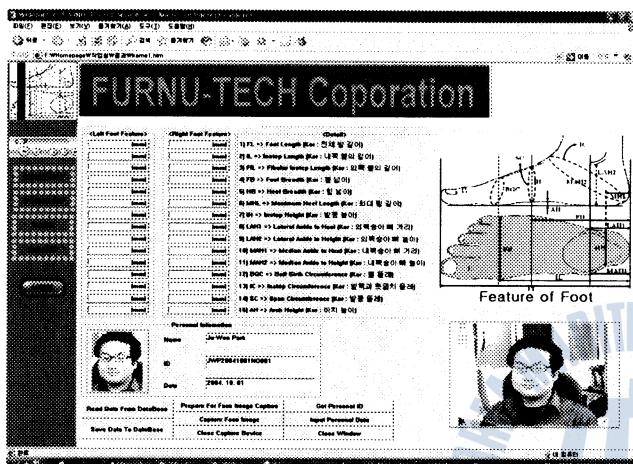


Fig. 29 Shoelast and Private data information

7. 결론 및 향후과제

본 논문에서 제시한 시스템은 기존의 3차원 측정의 단점을 개선하여 측정 데이터와 파라미터를 획득하여 3차원 형상복원 시스템을 개발하였다. 또한 영상 데이터의 효과적인 처리 방안으로 인공지능 기법인 신경회로망을 사용하였으며, 처리 결과를 제시하였다.

본 논문에서 제작한 영상획득용 캡쳐 board는 8채널을 동시에 고속으로 사용할 경우 이미지 처리상에 약간의 노이즈를 발생 시킨다. 또한 측정 속도를 결정하는 영상 데이터의 고속획득에 불리한 제약 조건이 있다. 따라서 향후 영상 데이터의 고속 처리를 위해서 새로운 캡쳐 Board의 개발이 필요할 것이다. 또한 현재의 측정 프레임의 이송 원리는 screw방식을 사용하였으며, 향후에는 sliding방식으로 개선될 예정이다.

후기

본 연구는 산업자원부의 산업기술개발사업으로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, "Digital Image Processing", Addison Wesley, pp.490-494, 1993.
- [2] C.J. Taylor and D.J. Kriegman, "Structure and Motion from Line Segments in Multiple Images." IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 17(11):1021-1032, November 1995.
- [3] Marc Pollefeys and Luc Van Gool, "A stratified approach to metric self-calibration," Proc. IEEE Comput. Soc. Conf. Comput. Vision and Pattern Recogn., pages 407-412, 1997.
- [4] R. Y. Tsai, "A versatile camera calibration technique for high accuracy 3d machine vision metrology using off-the-shelf TV cameras and lenses", IEEE Journal of Robotics and Automation, Vol.3, pp.323-334, August 1987.
- [5] Eduardo Bayro-Corrochano, Bodo Rosenhahn, "A geometric approach for the analysis and computation of the intrinsic camera parameters", Pattern Recognition 35, pp. 169-186, 2002.

원고접수일 : 2004년 12 월 29 일

원고채택일 : 2005년 1월 11 일