

# Identified Contract Net 프로토콜 기반의 유비쿼터스 시각 시스템

論 文
54D-10-6

## A Ubiquitous Vision System based on the Identified Contract Net Protocol

金 治 昊<sup>\*</sup> · 劉 凡 材<sup>\*</sup> · 金 鶴 培<sup>\*\*</sup>  
(Chi-Ho Kim, Bum-Jae You, Hagbae Kim)

**Abstract** - In this paper, a new protocol-based approach was proposed for development of a ubiquitous vision system. It is possible to apply the approach by regarding the ubiquitous vision system as a multiagent system. Thus, each vision sensor can be regarded as an agent (vision agent). Each vision agent independently performs exact segmentation for a target by color and motion information, visual tracking for multiple targets in real-time, and location estimation by a simple perspective transform. Matching problem for the identity of a target during handover between vision agents is solved by the Identified Contract Net (ICN) protocol implemented for the protocol-based approach. The protocol-based approach by the ICN protocol is independent of the number of vision agents and moreover the approach doesn't need calibration and overlapped region between vision agents. Therefore, the ICN protocol raises speed, scalability, and modularity of the system. The protocol-based approach was successfully applied for our ubiquitous vision system and operated well through several experiments.

**Key Words** : Protocol-Based Approach, Ubiquitous Vision System, Multiagent System, Handover, ICN Protocol

### 1. 서 론

최근 분산 시각 시스템을 이용하여 넓은 영역에서 추적하고 감시할 수 있는 시스템에 대한 연구가 활발하다. 이 시스템을 구성하는 각 시각 센서는 한 대의 카메라와 영상처리기로 구성되며 그것들은 모두 컴퓨터 네트워크에 연결된다. 카메라로부터 촬영된 영상이 각 시각 센서 상에서 처리되므로 넓은 영역을 실시간으로 감시하는 것이 가능하다. 이러한 분산 시각 시스템 상에는 시각 센서의 숫자가 많기 때문에 여유 정보가 생길 수 있고 이것들은 시스템의 신뢰성을 증가시키는데 공헌할 수 있다 [1]. 하지만 이 여유 정보들에 대한 조정이 이루어지지 않으면 원하는 결과를 얻지 못할 뿐 아니라 네트워크상의 과부하를 초래할 수도 있다 [2]. 참고문헌 [3]과 참고문헌 [4]는 여러 대의 카메라를 이용한 시스템이었으나 그들의 카메라가 짧은 기준선에 정렬되었기에 상대적으로 좁은 가시 영역을 가지고 있다. Ng 등 [5]은 다수의 전방향 시각 센서를 사용하여, 여러 대에 동시에 촬영된 사람에 대한 통합 방법을 제안하였다. Nakazawa [6]는 분산 시각 시스템을 이용해 사람을 추적할 때 모든 시각 센서들을 조정하

는 방법으로서 상태 전이 도표와 행위 규칙을 이용하였다. 우선 각 시각 센서가 수행할 수 있는 과업의 종류를 세 가지 즉, 추적, 획득 및 공전으로 나누고, 각 시각 센서로 하여금 분산 시각 시스템의 가시정보에 의해 미리 만들어진 상태 전이 도표와 행위 규칙으로부터 현재 자신이 수행해야 할 과업을 결정하게 하는 방법이다. 참고문헌 [6]은 여러 대의 시각 센서간의 상호작용을 실현하는데 성공했지만 단지 한 사람에 대한 추적만을 고려했다. 이에 Nakazawa 등은 참고문헌 [7]에서 여러 사람에 대한 추적이 가능하게끔 알고리즘을 발전시켰다. 분산 시각 시스템에서 여러 사람에 대한 추적이 이루어지려면 이웃한 시각 센서 사이에서 각 사람에 대한 매칭 기술이 필수적이다. 이들은 분산 시각 시스템 상의 모든 대상물체들을 가시 에이전트로 보고 같은 신원을 가진 가시 에이전트들을 그룹화 하는 방법으로 매칭 문제를 해결하였다. Matsuyama와 Ukita [8]는 분산 시각 시스템을 하나의 복수 에이전트 시스템으로 보고, 각 시각 센서들 간의 협력에 의해 다중물체를 추적하는 방법을 제안했다. 하지만 참고문헌 [5], [6], [7], [8]에서 사용한 방법들은 시각 센서들 간의 상호작용에 있어서 카메라 간의 관계 설정 작업을 필요로 한다. 우리는 이것을 캘리브레이션 기반 접근법이라 명명한다. 이것은 분산 시각 시스템의 속도, 모듈성 및 확장성을 높이는 데 장애 요인이 된다.

이 논문에서는, 유비쿼터스 시각 시스템에 의해 넓은 영역에서 다중물체의 위치를 인식하고 추적할 수 있는 새로운 접근법을 제안한다. 각 시각 센서를 단위 에이전트 (시각 에이전트)로 정의하여 유비쿼터스 시각 시스템을 복수 에이전트 시스템으로 구성하였다. 복수 에이전트 시스템은 스스로 동작 가능한 각 단위 에이전트로부터 분산처리가 가능해야 하고, 각 단위 에이전트간의 상호작용을 위한 통신 프로토콜이

\* 교신저자, 正會員 : 연세대학교 전기전자공학과 박사과정 / 한국과학기술연구원 지능로봇연구센터 학생연구원  
E-mail : chkim@yonsei.ac.kr

\* 正 會 員 : 한국과학기술연구원 지능로봇연구센터 센터장 · 공학박사

\*\* 正 會 員 : 연세대학교 전기전자공학과 부교수 · 공학박사  
接受日字 : 2005年 8月 10日  
最終完了 : 2005年 9月 21日

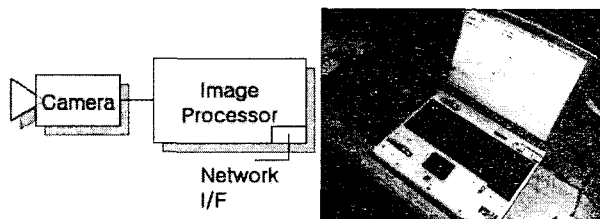
존재해야 하며, 임의의 통제자에 의해 제어되지 않는 확장이 용이한 개방형 시스템이어야 한다 [9]. 각 단위 시각 에이전트는 칼라와 동작 정보에 의해 대상물체를 정확히 분할할 수 있으며 다중물체의 실시간 추적에 의해 위치를 결정한다. 특히, 임의의 대상물체의 핸드오버 시 대상물체의 신분에 대한 매칭 문제를 해결하기 위해 Identified Contract Net (ICN) 프로토콜을 구현하였다. ICN 프로토콜은 복수 에이전트 시스템을 운용하기 위한 상호 협력 프로토콜인 contract net 프로토콜 [10]을 다중 물체 추적이 가능한 유비쿼터스 시각 시스템에 적용하기 위해 변형한 것으로서 본 논문의 새로운 접근법을 구현하기 위한 상호협력 프로토콜이다. 이것은 시각 에이전트의 개수 및 카메라의 종류에 독립적이고, 그것을 사용할 경우 이웃한 시각 에이전트들 간의 관계 설정 즉, 캘리브레이션이 필요 없고 중첩 영역 없이도 시각 에이전트들을 설치할 수 있다. 또한 유비쿼터스 시각 시스템을 확장 시킬 때 단위 시각 에이전트가 가져야 할 처리 능력만 가지면 될 뿐 다른 카메라와의 관계는 고려해 줄 필요가 없다. 따라서 시각각기만 센서 네트워크의 시스템 속도 및 모듈성과 확장성이 높아진다. 따라서 본 논문에서는 시각 센서들 사이의 관계 설정 즉, 캘리브레이션에 의하지 않는, 시각 센서들 사이의 상호작용에 의한 유비쿼터스 시각 시스템을 구현하였다. 본 논문에서 제안하는 이러한 방법은 유비쿼터스 시각 시스템 개발을 위한 새로운 접근법으로서 프로토콜 기반 접근법이라 명명한다.

2장에서는 단위 시각 에이전트를 구성하는 하드웨어 및 소프트웨어 구성요소를, 3장에서는 제안된 프로토콜 기반 접근법에 의한 유비쿼터스 시각 시스템의 구조와 그것을 구현하기 위한 ICN 프로토콜을 설명한다. 다음, 12대의 시각 에이전트를 설치한 실험공간에서 유비쿼터스 시각 시스템을 구성하고 그 성능을 평가하여 4장에 기술하고, 5장에 결론을 두었다.

## 2. 단위 시각 에이전트

### 2.1 하드웨어 구성요소

각 시각 에이전트의 하드웨어는 다음 그림 1의 (가)와 같이 하나의 카메라와 네트워크 인터페이스를 탑재한 영상처리기로 구성된다. 카메라는 영상을 읽어 들이고, 영상처리기는 읽어 들인 영상을 처리하여 다른 시각에이전트와 통신한다. 본 연구에서는 실험을 위해 그림 1의 (나)와 같이 IEEE 1394 칼라 카메라, PC 기반의 영상처리기, 무선 LAN 인터페이스를 사용하여 단위 시각 에이전트를 구성하였다.



(가) 개념도

(나) 구현 예

그림 1 다른 빛의 세기에 대한 색상-채도 평면에서의 피부색 분포

Fig. 1. Hardware element of vision agent

### 2.2 소프트웨어 구성요소

#### 2.2.1 대상물체 추출

대상물체를 추출하기 위해 동작 정보와 칼라 정보를 함께 사용한다. 두 정보로부터 분할된 결과를 논리곱 (AND Gate) 시킴으로써 최종 대상물체 추출 결과를 얻는다.

동작 정보에 의한 분할은 미리 저장해둔 기준 영상과 현재 들어온 입력 영상과의 차영상을 통해 수행하였다. 또한, 칼라 정보에 의한 분할을 위해 참고문헌 [11]에서 제안한 알고리즘을 사용했다. 이 알고리즘은 비록 색상-채도 (Hue-Saturation) 평면에서도 특정 칼라의 통계적 특징은 조명에 영향을 받는다는 사실에 착안하여 개발한 것으로 조명 변화에 강인하다. 컬러에 대한 통계적 특징은 빛의 세기에 대한 색상과 채도 각각의 평균과 표준편차로 표현된다. 다양한 조명조건에서 촬영된 많은 영상들로부터 해당 칼라에 대한 통계적 특징을 얻은 후 2차 B-spline 곡선 근사화를 통해 그 칼라의 모델을 만들었다.

#### 2.2.2 실시간 다중물체 영상추적

실시간 다중물체 영상추적을 위해 참고문헌 [12]에서 제안한 알고리즘을 사용했다. 이 알고리즘은 화면에 새롭게 들어올 대상물체에 대한 감시 및 검출을 위한 모드와 이전프레임에서 추적된 대상물체에 대한 추적을 위한 모드를 가지고 있다. 검출 모드에서는 주의집중 차등화를 추적모드에서는 선 기반 추적기를 제안하였고, 이것을 사용함으로써 실시간 추적이 가능하게 되었다.

#### 2.2.3 위치추정

카메라가 설치되는 3차원 공간의 기준 좌표계의 원점과 2차원 영상의 중심에 위치한 영상 평면의 원점을 각각  $O_w$ 와  $O_i$ 라 하고, 3차원 공간상의 한 점을  $(X, Y, Z)$ , 영상 평면상의 한 점을  $(x, y)$ 로 표현한다. 이 때, 영상 평면의  $x$ 축이 3차원 공간의  $ZX$ -평면과 평행하다고 가정하고,  $YZ$ -평면에 평행하게 자르면 그림 2의 단면을 얻을 수 있다. 이 때,

$M_1$ : 영상 평면에서  $y$ 좌표가 최소인 임의의 점

$M_2$ : 영상 평면에서  $y$ 좌표가 최대인 임의의 점

$N_1$ : 실제 공간의 특정 높이 ( $h$ )에서  $M_1$ 에 대응되는 점

$N_2$ : 실제 공간의 특정 높이 ( $h$ )에서  $M_2$ 에 대응되는 점

$MR_1$ : 실제 공간의  $XY$ -평면에  $N_1$ 을 투영시킨 지점

$MR_2$ : 실제 공간의  $XY$ -평면에  $N_2$ 를 투영시킨 지점

$O_N$ : 실제 공간의 특정 높이 ( $h$ )에서  $O_i$ 에 대응되는 점

$O_R$ : 실제 공간의  $XY$ -평면에  $O_N$ 을 투영시킨 점

을 각각 나타낸다.

따라서 영상에 있는 임의의 점  $P(x, y)$ 에 대응되는 실제 공간에서의 한 점의  $Y$ 좌표 ( $P_Y$ )는 다음의 식에 의해 근사화하여 결정한다.

$$P_y \approx y \times \frac{|Y_{N2} - Y_{N1}|}{DimY} + Y_{N0}$$

여기서,

- Y<sub>N0</sub>: O<sub>R</sub>의 y좌표
- Y<sub>N1</sub>: M<sub>R1</sub>의 y좌표
- Y<sub>N2</sub>: M<sub>R2</sub>의 y좌표
- DimY: 영상의 y축 크기

를 나타낸다. 또한 영상에 있는 임의의 점 P (x, y)의 x 좌표에 대응하는 실제 공간에서의 X좌표도 동일한 방법으로 결정할 수 있다.

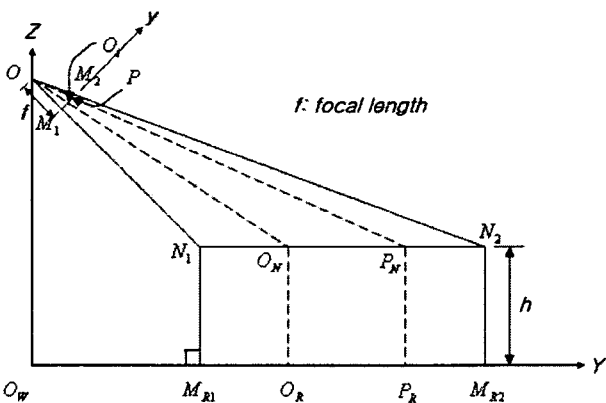


그림 2 위치 추정을 위한 간단한 원근법  
Fig. 2. A simple perspective method for pose estimation

### 2.2.4 시각 에이전트들 사이의 조정을 위한 통신 프로토콜

제안된 유비쿼터스 시각 시스템은 복수 에이전트 시스템으로 정의되었기 때문에 그 시스템을 구성하는 단위 시각 시스템은 서로 협력 및 조정이 가능해야 한다. 협력 및 조정이 이루어지기 위해서는 단위 시각 시스템 간의 통신이 가능해야 하는데 이를 위해 제안된 Identified Contract Net (ICN) 프로토콜이 사용된다.

## 3. 유비쿼터스 시각 시스템

2장에서 설명한 기술들을 탑재한 독립된 시각 에이전트들을 네트워크로 연결하여 유비쿼터스 시각 시스템을 구축한다. 이 시스템은 각각의 시각 에이전트에 의한 위치인식 결과로부터 넓은 영역에서 대상물체들의 위치를 인식하고자 하는데 그 목적이 있다.

### 3.1 유비쿼터스 시각 시스템의 구조

제안된 유비쿼터스 시각 시스템은 각 단위 시각 에이전트들을 네트워크로 연결하여 그림 3과 같이 구성된다. 각 시각

에이전트 (vision agent: VA)와 사용자와 연결된 인터페이스로서의 감독 시각 에이전트 (directory vision agent: DVA)는 서로 무선 네트워크에 의해 연결된다.

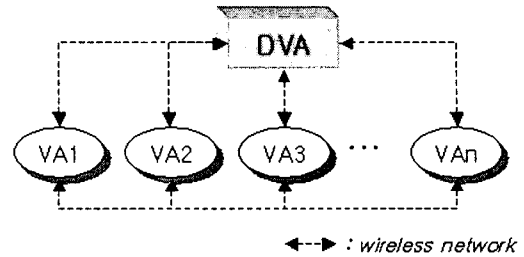


그림 3 구현된 유비쿼터스 시각 시스템의 구조  
Fig. 3. Architecture of our ubiquitous vision system

### 3.2 Identified Contract Net (ICN) 프로토콜

유비쿼터스 시각 시스템을 사용하여 광역에서 목표물을 계속 추적하기 위해서는 목표물이 포착되는 카메라가 수시로 변화되기 때문에 카메라 간에 목표물의 핸드오버시 대상물체에 대한 매칭 문제를 해결해야 한다. 대부분의 기존 연구들은 이웃한 카메라간의 캘리브레이션에 의해 이 문제를 해결하였다. 이와 같은 캘리브레이션에 기반한 접근법을 쓸 경우 다음과 같은 문제점이 발생한다.

1. 시스템 속도가 저하된다. 여러 시각 센서가 함께 관장하는 중첩 영역에 대상물체가 존재할 경우 해당 시각 센서들이 모두 계산 과정에 참여함으로써 로드가 상대적으로 많이 걸린다.
2. 시스템의 확장성을 저해한다. 유비쿼터스 시각 시스템의 적용 범위를 넓히기 위해 추가적인 시각 센서를 설치하고자 할 때마다 이웃한 시각 센서들과의 캘리브레이션을 거쳐야 하고, 한 번 설치된 각 시각 센서들에 대해서 그 위치와 촬영각을 고정시켜야 하므로 시스템 확장을 경직시킨다.
3. 각 시각 센서의 모듈화에 장애 요인이 된다. 개개의 시각 센서를 개발할 때마다 이웃한 시각 센서들과의 관계를 고려해야 하기 때문이다. 이로써 각 시각 센서의 독립성이 저해된다.

위와 같은 문제점들을 극복하기 위해 유비쿼터스 시각 시스템을 복수 에이전트 시스템으로 구성하였다. 즉, 각 에이전트간의 상호작용에 의해 그 문제를 해결하고자 하는 것이다. 이러한 상호작용을 위해 시각 에이전트 간의 통신 프로토콜을 제안함으로써 캘리브레이션이 아닌, 프로토콜에 기반한 방법으로 목표물의 핸드오버시 발생하는 대상물체의 매칭 문제를 해결할 수 있다. 이를 위해 복수 에이전트 시스템을 운용하기 위한 상호협력 프로토콜인 contract net 프로토콜을 다중물체 추적이 가능한 유비쿼터스 시각 시스템에 적용하기 위해 변형한 ICN 프로토콜을 개발하였다. 제안된 ICN은 다음의 요구전달, 조건제시, 계약제의 및 계약철회 등의 기본요소로 구성된다.

1. 요구전달 (request propagation, RP) - 특정 에이전트에 있는 어떤 대상물체가 다른 에이전트와의 협력 즉, 핸드오버를 필요로 할 때 그 에이전트는 해당 대상물체의 신분과 과업을 담은 메시지를 다른 에이전트들에게 알린다. 실제로 특정 대상물체에 대한 추적이 이루어지고 있는 임의의 시각 에이전트에서 해당 대상물체가 그 에이전트의 화면 가장자리에 맞닿을 때 이 에이전트는 그 대상물체가 자신의 시야에서 빠져나가려 한다는 사실을 알고 이웃한 시각 에이전트들에게 요구전달 신호를 보낸다.
2. 조건제시 (bid feedback, BF) - 메시지를 받은 에이전트들은 그 메시지를 평가한 후 자신이 협력 가능하다고 판단되면 그 조건 (bid)을 메시지를 보냈던 에이전트에게 제시한다. 실제로 메시지를 받은 에이전트는 자신의 가시 영역에 신원을 알 수 없는 대상물체가 있으면 그것의 세계 좌표 (world coordinate)를 조건으로서 제시한다.
3. 계약제의 (contract propagation, CP) - 조건들을 제시 받은 에이전트는 모든 조건을 평가한 후 최적의 조건을 제시한 에이전트에게 계약 체결을 제의한다. 제시 받은 조건에 대한 평가는 자신이 계산한 해당 대상물체의 세계 좌표와 각 조건 값들, 즉 조건을 제시한 에이전트들이 계산한 세계 좌표들과의 차를 계산하는 것으로 이루어지는데 그 차가 가장 작은 것이 최적의 조건이 된다.
4. 계약체결 (acknowledgement feedback, AF) - 계약 제의를 받은 에이전트는 감독 시각 에이전트에게 체결통보 메시지를 보내고 이로써 감독 시각 에이전트는 해당 대상물체에 대한 핸드오버가 그 에이전트에게로 일어났음을 인지한다.

토록에 의한 시각 에이전트들 간의 상호작용이 시작되는데 - ICN 초기화 (ICN initiation) - 그 대상물체를 추적하고 있는 시각 에이전트가 지배 에이전트 (master)가 되고 그와 이웃한 에이전트들은 종속 에이전트 (slave)가 된다. 실제로는 해당 대상물체가 지배 에이전트의 화면 가장자리와 맞닿을 때 ICN이 초기화 되게 구현하였다. 이것은 사람의 눈과 마찬가지로 시각 에이전트 역시 추적하는 물체가 시야에서 사라지는 것은 항상 화면의 가장자리를 통한다는 사실에 착안한 것이다. 다만 이 대상물체가 지배 에이전트의 화면에서 사라지지 않으면서 화면의 가장자리와 떨어질 경우 ICN 프로토콜은 해지 (ICN release)된다. 우선 지배 에이전트와 종속 에이전트의 역할 관계가 설정된 다음 지배 에이전트는 종속 에이전트들에게 '요구전달' 신호를 보낸다. 이 신호를 받은 종속 에이전트들은 자신의 가시 영역에 신원을 알 수 없는 대상물체가 있나를 확인한 후, 있다면 그것의 세계 좌표를 계산하여 지배 에이전트에 조건으로서 제시한다. '조건제시' 신호를 받은 지배 에이전트는 그 조건들을 분석, 즉 자신이 계산한 해당 대상물체의 세계 좌표와 각 조건 값들 즉, 종속 에이전트들에서 계산한 세계 좌표들과의 차를 계산하여 그 결과 가장 작은 값에 해당하는 종속 에이전트에게 '계약제의' 신호를 보낸다. 만약 지배 에이전트가 어떠한 '조건제시' 신호도 받지 못했다면 아직 어떠한 시각 에이전트에서도 해당 대상물체가 추출되지 않았다는 의미이므로 적어도 하나의 '조건제시' 신호를 받을 때까지 ICN 초기화 과정을 반복한다. 이 경우는 대상물체가 시각 에이전트들이 촬영하고 있는 영역 밖에 위치할 경우도 해당된다. 제안된 접근법을 사용할 경우 이러한 영역에 대상물체가 들어가더라도 추적을 기다리며 신분을 유지하고 있기 때문에 반드시 중첩 영역이 없어도 상관없는 것이다. '계약제의' 신호를 받은 종속 에이전트는 계약이 체결됐다는 의미 즉, 해당 대상물체에 대한 핸드오버가 자신에게로 이루어졌다는 의미의 통보를 감독 시각 에이전트에게로 보낸다. 이때부터 해당 대상물체에 대한 추적은 계약 체결된 종속 에이전트의 결과에 의하며, 그것이 감독 시각 에이전트로 전달된다. 결국 이 계약은 어떤 에이전트에서 추적한 대상물체를 다른 에이전트에서 추적하게끔 넘겨주는 즉, 핸드오버하는 역할을 한다. 우리는 메시지 헤더에 대상물체에 대한 신원을 표시함으로써 다중물체에 대한 추적에 이 프로토콜을 이용할 수 있다. 구현된 ICN 프로토콜의 개념도는 그림 5와 같다.

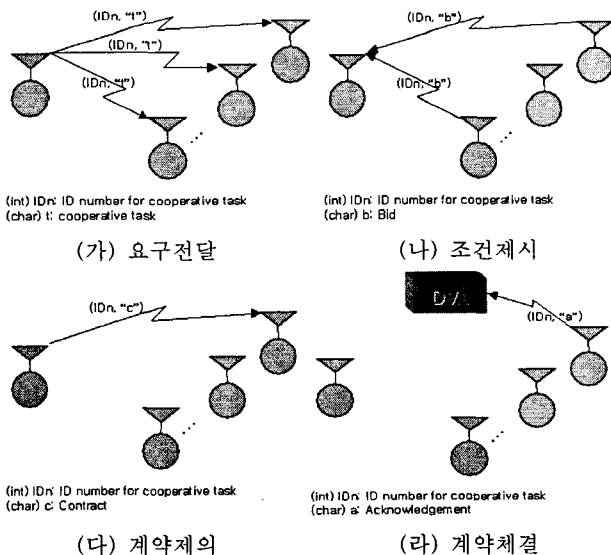


그림 4 ICN 프로토콜의 기본 동작 프로세스  
Fig. 4. A basic operating process of ICN protocol

임의의 시각 에이전트에서 특정 대상물체에 대한 추적이 이루어지다 대상물체가 그 시각 에이전트의 시야에서 벗어나려 하면 그 대상물체는 핸드오버를 필요로 하고 이때부터 시각 에이전트들 간의 상호작용이 이루어진다. 이 과정에서 해당 대상물체가 빠져 나가려는 움직임을 보일 경우 ICN 프로

토콜에 의한 단위 시각 에이전트 간의 협력 및 조정으로 임의의 대상물체의 핸드오버 문제를 해결할 수 있다. 핸드오버 시 ICN 프로토콜을 사용할 경우 중첩 영역에서 두 개 이상의 시각 에이전트가 계산과정에 참여하는 것을 방지하기 때문에 캘리브레이션에 기반한 방법보다 속도가 빠르다. 각 단위 시각 에이전트는 자신과 실제 공간과의 캘리브레이션만을 고려하면 될 뿐 이웃한 시각 에이전트와의 캘리브레이션은 고려할 필요가 없으므로 모듈성 또한 높아진다. 더 넓은 영역으로 시야를 확장시키기 위해 새로운 시각 에이전트를 설치하고자 할 경우 자기 자신이 가지고 있어야 할 하드웨어 및 소프트웨어 구성요소와 시스템에 대한 등록만 있으면 될 뿐 주변 시각 에이전트와의 관계는 고려해 줄 필요가 없으므로 캘리브레이션에 기반한 방법에 비해 확장성 또한 높아진다.

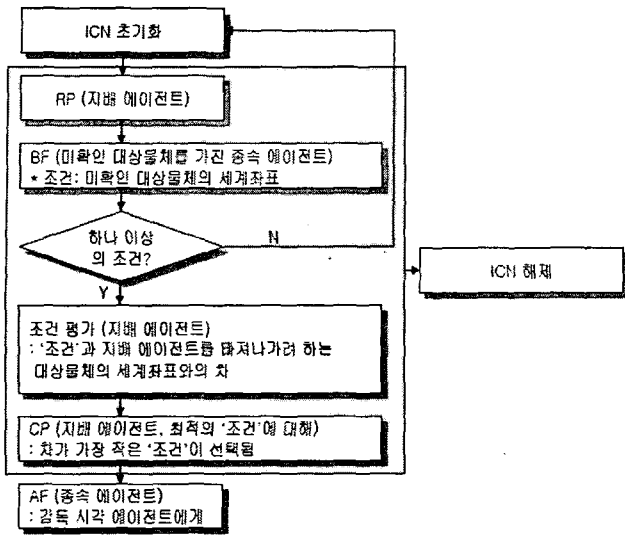


그림 5 ICN 프로토콜의 개요

Fig. 5. The overview of the ICN protocol

4. 실험결과

유비쿼터스 시각 시스템에 대한 실험을 위해 6m×4.5m 크기의 공간에 카메라 네트워크를 그림 6과 같이 구성하였다. 단위 시각 에이전트는 한 대의 칼라 카메라와 영상처리기로 구성된다. 우리는 IMI-TECH의 IMC-80F IEEE 1394 칼라 카메라 세 대와 펜티엄 M 프로세서 1.6GHz CPU를 탑재한 대의 랩탑 컴퓨터로 세 대의 시각 에이전트를 만들었다. 즉, 하나의 랩탑 컴퓨터에 세 대의 카메라를 연결시켰다. 또한 감독 시각 에이전트로는 펜티엄 4 3.4GHz CPU를 탑재한 데스크탑 컴퓨터를 사용했다. 이렇게 만들어진 한 대의 감독 시각 에이전트와 12대의 시각 에이전트를 다음 그림 6과 같이 배치하여 유비쿼터스 시각 시스템의 실험을 위한 환경을 완성하였다. 여기서 각 카메라는 높이 335cm 프레임에 장착하였고, 각각의 가시 영역을 고려하여 기울기를 조정하였다.

우선 연두색 신분증을 추적하도록 하여 연두색 신분증을 패용한 사람의 위치를 인식하도록 하였다. 구현한 대상물체 추출 알고리즘에 의해 피부색을 추출한 결과는 그림 7과 같다. 최종 대상물체 추출 결과는 동작 정보에 의한 분할과 칼라 정보에 의한 분할의 논리곱으로 이루어진다. 그림 7의 결과로부터, 구현한 알고리즘이 대상물체 (피부색)를 성공적으로 추출해 냈음을 알 수 있다. 이 실험에서 연두색 신분증을 사용하기 때문에 연두색에 대한 칼라모델을 만들고 그것을 기반으로 추적 및 위치 인식을 수행해야 한다. 우리가 만든 연두색에 대한 칼라 모델은 그림 8과 같다. 여기서 좌측 위 그래프로부터 시계 방향으로 각각 빛의 세기에 대한 색상의 평균, 채도의 평균, 채도의 표준편차, 색상의 표준편차를 나타낸다. 그림 8에서 만든 연두색에 대한 칼라모델을 사용해 실험에서 사용할 연두색 신분증을 대표적인 조명조건 하에서 추출한 결과가 그림 9와 같다. 이와 같은 칼라 분할 알고리즘을 기반으로 다중물체 영상추적 알고리즘을 구현한다. 구현된 다중물체 영상추적 알고리즘으로 피부색을 추적한 결과

는 그림 10과 같다.

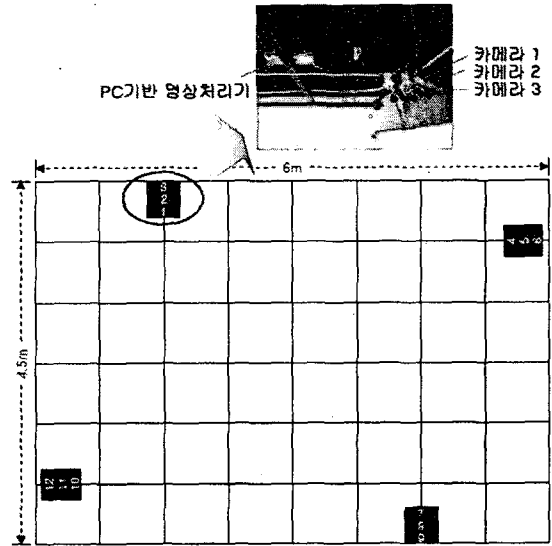


그림 6 유비쿼터스 시각 시스템을 위한 실험환경

Fig. 6. Experimental environment for developing our ubiquitous vision system

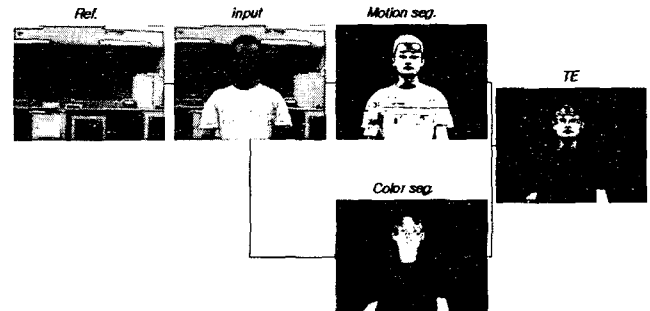


그림 7 대상물체 추출 알고리즘에 의한 피부색 추출 결과

Fig. 7. Skin area extraction

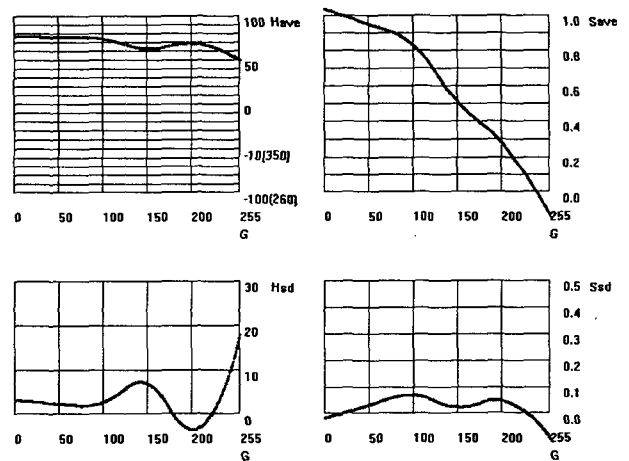


그림 8 연두색에 대한 컬러모델

Fig. 8. Color model for yellow green

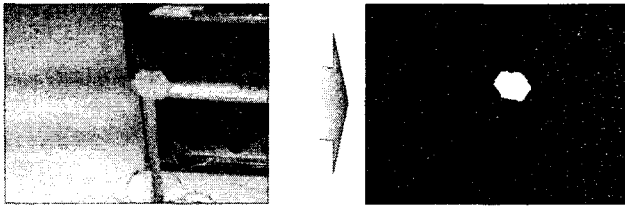


그림 9 연두색 신분증을 추출한 결과  
Fig. 9. The result for extracting yellow green ID card

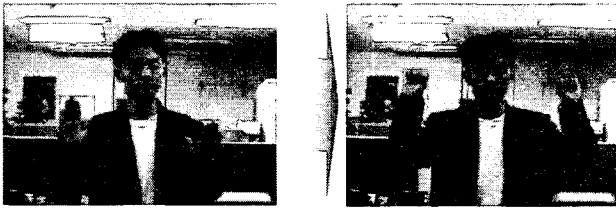


그림 10 피부색에 대한 다중물체 영상추적 결과  
Fig. 10. The result of multiple targets tracking for skin color

구현된 다중물체 영상추적 알고리즘을 사용했을 때 대상물체의 개수에 대한 영상추적 속도는 표 1과 같다. 표 1로부터 구현된 다중물체 영상추적 알고리즘이 실시간 특성을 가지고 있음을 확인할 수 있으며 이로부터 제안된 유비쿼터스 시각 시스템 또한 실시간 위치인식이 가능하게 되었다.

표 1 대상물체의 개수에 대한 영상추적 속도  
Table 1. Frame rate for tracking with respect to the number of targets

대상물체 개수	속도 (Hz)
0	14.99
1	14.85
2	10.26
3	10.05

각 시각 에이전트는 원근 영사법에 의해 화면상에서 추출된 신분증의 실제 위치 (세계 좌표)를 결정한다. 그림 11과 그림 12는 구현한 유비쿼터스 시각 시스템을 이용한 위치 인식에 대한 실험 결과다. 그림 11은 하나의 대상물체에 대한 위치 인식 결과이며 그림 12는 두 개의 대상물체에 대한 결과다. 특히 그림 12의 (가)는 두 개의 대상물체가 같은 시각 에이전트 내에 존재할 때 다중물체에 대한 위치 추적을 한 결과이며 (나)는 두 개의 대상물체가 서로 다른 시각 에이전트에서 추적될 때의 결과다. 대상물체가 이웃한 시각 에이전트로 핸드오버 될 때 ICN 프로토콜이 동작하는 프로세스를 그림 13에 나타내었다. 그림 13에서 R1은 시각 에이전트 1의, R2는 시각 에이전트 2의, R3는 시각 에이전트 3의 시야를 각각 나타낸다. 목표물 핸드오버가 그림 13-(가)에서 (마)까지 순차적으로 진행된다. 또한 그림 13에서 VA는 단위 시각 에이전트 (Vision Agent)를 의미한다. 이 실험의 시스템 속도와 위치 정확도에 대한 결과는 표 2와 같다. 속도는 한 번의 위치 인식을 하는데 걸리는 시간을 나타내며 20번 시행했을 때 평균 0.190913초의 결과를 얻었다. 이 사실은 구현된 유비쿼

터스 시각 시스템의 실시간 위치인식이 가능하다는 사실을 말해준다. 또한 위치 인식 정확도는 사람이 정해진 동선을 움직일 때 그 위치에서 벗어난 편차를 나타낸 것으로서 역시 20번 시행했을 때 평균 3.671209cm의 오차가 생겼음을 알 수 있다. 여기서 오차는 기준 값과 측정값에 대한 유클리드 거리를 의미한다.

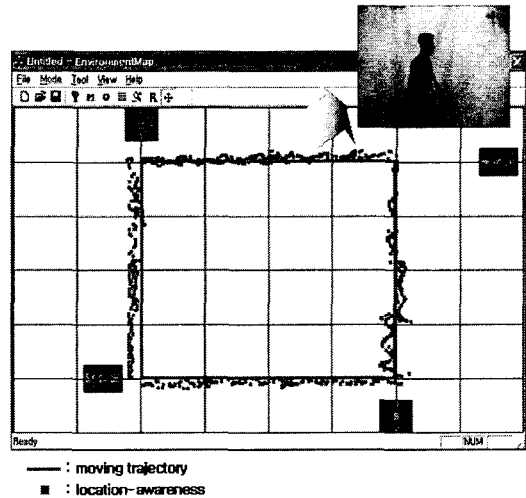


그림 11 하나의 대상물체에 대한 위치 인식 결과  
Fig. 11. Location-awareness for one person

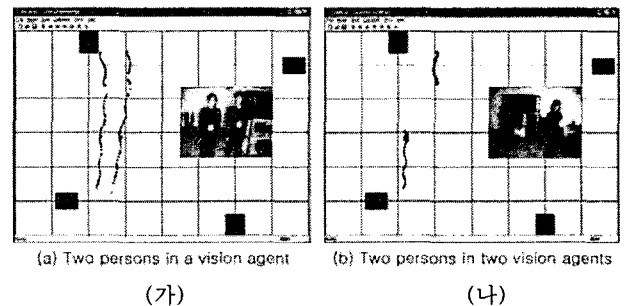
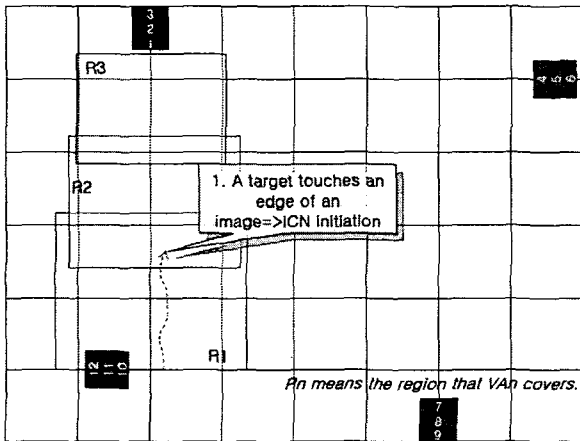


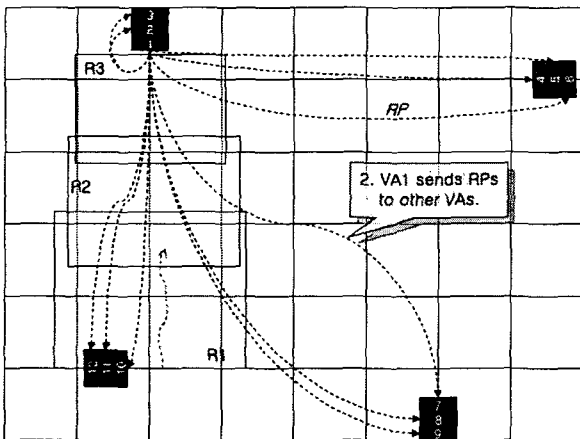
그림 12 다중물체에 대한 위치 인식 결과  
Fig. 12. Location-awareness for multiple targets

이 결과를 캘리브레이션 기반 접근법에 의한 결과들과 비교하였다. 그 결과는 그림 14 및 표 3과 같다. 그림 14 (가)에서 제안된 방법, 즉 프로토콜 기반 접근법이 다른 방법에 비해 속도 면에서 개선이 있음을 알 수 있다. 제안된 방법은 대상물체가 핸드오버 과정에 있다 하더라도 단 하나의 시각 센서가 계산 과정에 포함되지만 비교 대상 방법들은 캘리브레이션이 필요하므로 대상물체가 중첩영역에 있을 때 그 중첩영역을 구성하는 시각 센서가 모두 계산 과정에 참여하므로 계산량 더욱 많아진다. 따라서 그림 14 (가)와 같은 시스템 속도상의 개선 효과를 볼 수 있다. 그림 14 (나)와 같이 정확도에서의 개선 또한 확인할 수 있으나 프로토콜 기반 접근법에 정확도 개선 인자는 없다. 이것은 2장에서 설명한 단위 시각 에이전트를 구성하는 요소 기술들이 다른 논문에서 사용한 방법들에 비해 우수하기 때문이다. 이에 우리의 방법

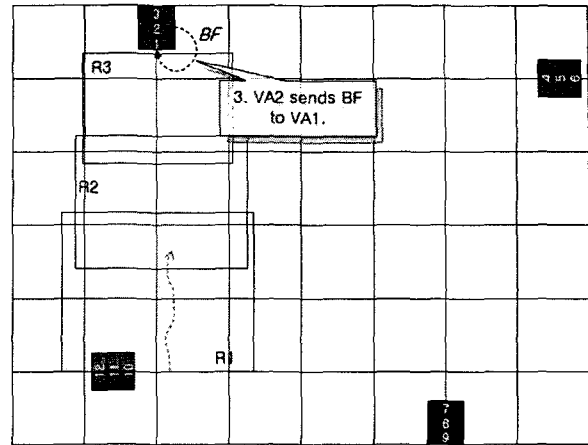
이 확장성 및 모듈성이 있을 뿐만 아니라 속도에 있어서의 개선 효과도 있음을 알 수 있다. 이 결과를 바탕으로, 표 3은 제안된 접근법의 장점을 다른 방법들과의 비교를 통해 정리한 것이다. 여기서 참고문헌 [5]의 경우 다중물체 추적을 위한 요소 기술상의 한계로 인해 세 개 이상의 대상물체에 대한 추적이 불가능하였다. 중첩 영역에 대한 항목은 초기 유비쿼터스 시각 시스템을 설치할 때 가시 영역 상 이웃한 카메라와의 중첩된 부분이 반드시 필요하냐를 의미한다. 확장성과 모듈성은 제안된 접근법만 가지는 특성이다. 즉, 제안된 접근법에 의해 유비쿼터스 시각 시스템을 구현할 경우 다른 카메라와의 관계를 고려해 줄 필요 없이 오직 단위 시각 에이전트 자신이 가져야 할 요소 기술들만을 가지고 있으면 되므로 모듈화하기 편리하다. 또한 초기 시스템 설치 후 좀 더 넓은 영역을 추적하고자 할 경우 단위 시각 에이전트를 임의의 위치에 설치하여 실제 좌표와의 관계 및 감독 시각 에이전트의 등록만 이루어지면 되므로 추적 영역의 확장 역시 편리하다. 참고문헌 [5]와 참고문헌 [8]은 유비쿼터스 시각 시스템을 구현함에 있어서 특수한 시각 센서 즉, 전방향 시각 센서와 상하-좌우 이동 및 확대-축소가 자유로운 시각 센서의 기능에 각각 의존한다.



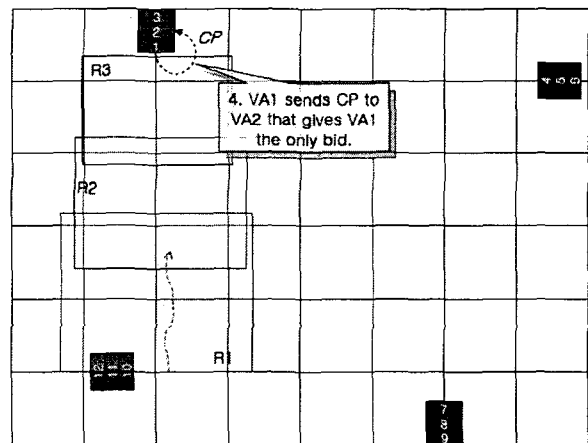
(가) 대상물체가 영상의 모서리와 맞닿으면 ICN이 초기화 된다.



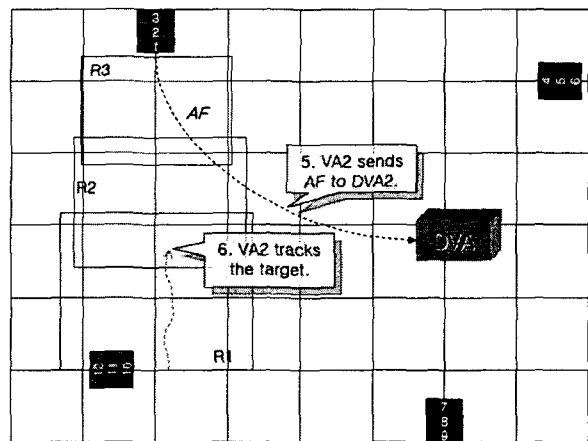
(나) 1번 시각 에이전트는 다른 시각 에이전트에게 RP 신호를 보낸다.



(다) 미확인 대상물체가 2번 시각 에이전트에서만 감지되었으므로 2번 시각 에이전트만이 1번 시각 에이전트에 BF 신호를 준다.

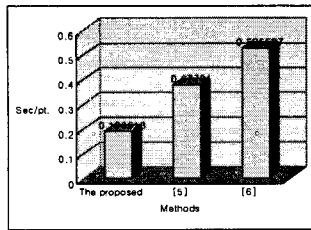


(라) 1번 시각 에이전트는 단 하나의 조건만을 제시받았으므로 그것과 계약을 체결한다는 의미의 CP 신호를 2번 시각 에이전트에 보낸다.

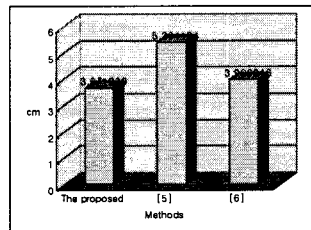


(마) 2번 시각 에이전트는 감독 시각 에이전트에게 핸드오버가 자신에게로 이루어졌음을 알리는 AF 신호를 보내고 이때부터 해당 대상물체는 2번 시각 에이전트가 추적한다. 그림 13 대상물체의 핸드오버시 ICN 프로토콜의 동작 프로세스

Fig. 13. The operating process of the ICN protocol as handover



(가) 시스템 속도 (sec./pt.)



(나) 오차 (cm)

그림 14 캘리브레이션 기반 접근법에 의한 결과와의 비교  
Fig. 14. Comparison with calibration-based approaches

5. 결 론

본 논문에서 시각 기반 센서 네트워크를 이용해 보다 넓은 영역에서의 위치 인식을 위한 분산 시각 시스템 즉, 유비쿼터스 시각 시스템을 구현했다. 특히 본 논문에서는 이러한 시스템을 구현하기 위한 새로운 접근법으로서 시각 센서들 사이의 관계 설정 즉, 캘리브레이션에 의하지 않는, 프로토콜 기반 접근법을 제안했다. 제안된 프로토콜 기반 접근법은 시각 에이전트의 개수 및 종류에 독립적이고, 그것을 사용할 경우 이웃한 시각 에이전트들 간의 관계 설정 즉, 캘리브레이션이 필요 없고 중첩 영역 없이도 시각 에이전트를 설치할 수 있다. 또한 유비쿼터스 시각 시스템을 확장 시킬 때 단위 시각 에이전트가 가져야 할 처리 능력만 가지면 될 뿐 다른 카메라와의 관계는 고려해 줄 필요가 없다. 따라서 제안된 프로토콜 기반 접근법에 의해 유비쿼터스 시각 시스템을 구현할 경우 캘리브레이션 기반 접근법에 의한 때보다 시스템 속도 및 모듈성과 확장성이 높아진다. 따라서, 각 시각 센서를 하나의 에이전트 (시각 에이전트)로 간주하여 전체 유비쿼터스 시각 시스템을 복수 에이전트 시스템으로 구성하였다. 다수의 목표물들이 이웃한 시각 에이전트들의 가시 영역 사이를 넘나들 때 자신의 신분에 대한 핸드오버를 위한 매칭 기술이 필수적이다. 이에 우리는 다중 에이전트 시스템의 상호협력 프로토콜인 contract net 프로토콜을 다중물체 추적을 위한 유비쿼터스 시각 시스템에 맞게 변형한 핸드오버 프로토콜로서 ICN 프로토콜을 제시하였다. 또한 에이전트로서 독립적으로 행동하는 각 단위 시각 에이전트는 칼라 정보와 동작 정보를 이용한 대상물체 추출 알고리즘, 선기반 추적기 등에 의한 다중물체 영상추적 기술 및 원근법 기반의 위치 추정 알고리즘 등의 요소 기술들을 보유함으로써 다중물체를 실시간으로 정확하게 추적할 수 있었으며, 이로써 제안된 유비쿼터스 시각 시스템을 통한 실시간 위치인식을 성공적으로 실현하였다.

표 2 구현된 유비쿼터스 시각 시스템의 속도와 위치 인식 정확도

Table 2. Results for speed and accuracy of our ubiquitous vision system

시도	속도 (sec./pt.)	편차 (cm)
1	0.178806	2.750000
2	0.190061	4.918367
3	0.188227	6.068182
4	0.188596	3.280702
5	0.187057	6.028572
6	0.186588	8.294118
7	0.178326	5.239130
8	0.185378	8.135135
9	0.192904	8.346154
10	0.184000	2.375000
11	0.213120	1.800000
12	0.211574	1.803279
13	0.202289	1.763158
14	0.180977	2.930233
15	0.181775	1.714286
16	0.173105	1.131579
17	0.179867	2.133333
18	0.201656	2.062500
19	0.201800	1.228571
20	0.212156	1.421875
평균	0.190913	3.671209

표 3 제안된 접근법과 다른 방법들과의 종합적 비교

Table 3. Overall comparison between the proposed approach and calibration-based approaches

	제안된 접근법	캘리브레이션 기반 접근법			
		Ng 등 [5]	Nakazawa 등 [6]	Nakazawa 등 [7]	Matsuyama and Ukita [8]
다중물체 추적	상	중	하	상	상
중첩영역 불필요	상	하	하	하	상
확장성	상	하	하	하	하
모듈성	상	하	하	하	하
시각센서에 대한 독립성	상	하	상	상	하
속도	상	상	중	중	상
정확도	상	상	상	상	상

참 고 문 헌

[1] Cheng,H.D., Jiang,X.H., Sun,Y., and Wang,J., "Color Image Segmentation: Advances and Prospects", Pattern Recognition, vol. 34., pp. 2259-2281, 2001.



- [2] Cai, J. and Goshtasby, A., "Detecting Human Faces in Color Images", *Image and Vision Computing*, vol. 18, pp. 63-75, 1999.
- [3] Greenspan, H., Goldberger, J., and Eshet, I., "Mixture Model for Face-color Modeling and Segmentation", *Pattern Recognition Letters*, vol. 22, pp. 1525-1536, 2001.
- [4] Dai, Y. and Nakano, Y., "Face-texture Model Based on SGLD and its Applications in Face Detection in a Color Scene", *Pattern Recognition*, vol. 29, no. 6, pp. 1007-1017, 1996.
- [5] Du, Y. and Crisman, J., "A Color Projection for Fast Generic Target Tracking", *Proc. of IEEE/RSJ Int'l Conf. on Intelligent Robots and Systems*, pp. 360-365, 1995.
- [6] Fieguth, P. and Terzopoulos, D., "Color-based Tracking of Heads and Other Mobile Objects at Video Frame Rates", *Proc. of IEEE Int'l Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 21-27, 1997.
- [7] Yang, J. and Waibel, A., "A Real-time Face Tracker", *Proc. of IEEE Workshop on Application of Computer Vision*, pp. 142-147, 1996.
- [8] Yang, J., Lu, W., and Waibel, A., "Skin-color Modeling and Adaptation", *Proc. of Asian Conf. on Computer Vision*, vol. 2, pp. 687-694, 1998.
- [9] Fu, Z., Yang, J., Hu, W., and Tan, T., "Mixture Clustering using Multidimensional Histograms for Skin Detection", *Proc. of the 17th Int'l Conf. on Pattern Recognition*, vol. 4, pp. 549-552, Aug. 23-26, 2004.
- [10] Caetano, T.S., Olabarriga, S.D., and Barone, D.A.C., "Do Mixture Models in Chromaticity Space Improve Skin Detection?", *Pattern Recognition*, vol. 36, pp. 3019-3021, 2003.
- [11] Sobottka, K. and Pitas, I., "Extraction of Facial Regions and Features using Color and Shape Information", *Proc. of IEEE Int'l Conf. on Pattern Recognition*, pp. 421-425, 1996.
- [12] Sobottka, K. and Pitas, I., "Segmentation and Tracking of Faces in Color Images", *Proc. of the 2nd Int'l Conf. on Automatic Face and Gesture Recognition*, pp. 236-241, 1996.
- [13] Feyrer, S. and Zell, A., "Detection, Tracking, and Pursuit of Humans with an Autonomous Mobile Robot", *Proc. of IEEE/RSJ Int'l Conf. on Intelligent Robots and Systems*, pp. 864-869, 1999.
- [14] Tomaz, F., Candeias, T., and Shahbaskia, H., "Fast and Accurate Skin Segmentation in Color Images", *Proc. of 1st Canadian Conf. on Computer and Robot Vision*, 2004.
- [15] Hsu, R.L., Abdel-Mottaleb, M., and Jain, A.K., "Face Detection in Color Images", *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 24, no. 5, pp. 696-706, 2002.
- [16] Abdel-Mottaleb, M. and Elgammal, A., "Face Detection in Complex Environments from Color Images", *Proc. of IEEE Int'l Conf. on Image Processing*, vol. 3, pp. 622-626, Kobe, Japan, 1999.
- [17] Chen, Q., Wu, H., and Yachida, M., "Face Detection by Fuzzy Pattern Matching", *Proc. of 5th Int'l Conf. on Computer Vision*, pp. 591-596, Cambridge, Massachusetts, USA, 1995.
- [18] Kawato, S. and Ohya, J., "Real-time Detection of Nodding and Head-shaking by Directly Detecting and Tracking the between Eyes", *Proc. of 4th IEEE Int'l Conf. on Automatic Face and Gesture Recognition*, pp. 40-45, Grenoble, 2000.
- [19] Shin, M.C., Chang, K.I., and Tsap, L.V., "Does Colorspace Transformation Make Any Difference on Skin Detection?", *Proc. of 6th IEEE Workshop on Application of Computer Vision*, pp. 275-279, 2002.
- [20] Jayaram, S., Schmugge, S., Shin, M.C., and Tsap, L.V., "Effect of Colorspace Transformation, the Illuminance Component, and Color Modeling on Skin Detection", *Proc. of IEEE Computer Society Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2004.
- [21] Bergasa, L.M., Mazo, M., Gardel, A., Sotelo, M.A., and Boquete, L., "Unsupervised and Adaptive Gaussian Skin-color Model," *Image and Vision Computing*, vol. 18, pp. 987-1003, 2000.
- [22] Cho, K., Jang, J., and Hong, K., "Adaptive Skin-color Filter", *Pattern Recognition*, vol. 34, pp. 1067-1073, 2001.
- [23] Soriano, M., Martinkauppi, B., Huovinen, S., and Laaksonen, M., "Adaptive Skin color Modeling using the Skin Locus for Selecting Training Pixels", *Pattern Recognition*, vol. 36, pp. 681-690, 2003.
- [24] Martinkauppi, B., Soriano, M., and Pietikainen, M., "Detection of Skin Color under Changing Illumination: a Comparative Study", *Proc. of 12th Int'l Conf. on Image Analysis and Processing*, Sep. 17-19, pp. 652-657, 2003.
- [25] Jones, M.J. and Rehg, J.M., "Statistical Color Models with Application to Skin Detection", *Int'l Journal of Computer Vision*, vol. 46, no. 1, pp. 81-96, 2002.
- [26] Storring, M., Andersen, H.J., and Granum, E., "Physics-based Modeling of Human Skin Colour under Mixed Illuminants", *Journal of Robotics and Autonomous Systems*, vol. 35, pp. 131-142, 2001.
- [27] Martinez, A.M. and Benavente, R., *The AR Face Database*. CVC Technical Report #24, June 1998.

## 저 자 소 개



### 김치호(金治昊)

1999년 연세대학교 전기공학과 (공학사)  
2001년 연세대학교 전기전자공학과 (공학석사)  
2001년~현재 연세대학교 전기전자공학과 박사과정 / 한국과학기술연구원 지능로봇연구센터 학생연구원  
관심분야: 컬러분할, 다중물체영상추적, 유비쿼터스 시각 시스템  
e-mail : chkim@yonsei.ac.kr



### 김학배(金鶴培)

1988년 서울대학교 전자공학과 (공학사)  
1990년 Univ. of Michigan at Ann Arbor 전기 시스템공학과 (공학석사)  
1994년 Univ. of Michigan at Ann Arbor 전기 시스템공학과 (공학박사)  
1994년~1996년 (미)국립항공우주연구소 (NASA) (미)국립연구재단 NRC 연구원  
1996년~2000년 연세대학교 전기전자공학과 조교수  
2000년~현재 연세대학교 전기전자공학과 부교수  
관심분야: 실시간 시스템, 고장포용 시스템, 인터넷 웹서버  
e-mail : hbkim@yonsei.ac.kr



### 유범재(劉凡材)

1985년 서울대학교 제어계측공학과 (공학사), 1987년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학석사), 1991년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학박사), 1991년~1994년 (주) 터보테크 기술연구소 로보틱스팀 팀장, 1997년 미국 예일대학교 전산학과 방문교수, 1994년~현재 한국과학기술연구원 책임연구원, 2004년~현재 한국과학기술연구원 지능로봇연구센터 센터장  
관심분야: 지능형 휴머노이드, 시각 기반 로보틱스, 네트워크 기반 로봇, 디지털신호처리, 마이크로프로세서 응용  
e-mail : ybj@kist.re.kr