

Identified Contract Net 프로토콜을 이용한 다중물체의 위치인식을 위한 시각 기반 센서 네트워크 개발

김치호*,**, 유범재*, 김학배**

* 한국과학기술연구원 (KIST) 지능로봇연구센터 / ** 연세대학교 전기전자공학과

Development of a Ubiquitous Vision System for Location awareness of Multiple Targets by Protocol based Approach

Chi-Ho Kim*,**, Bum-Jae You*, and Hagbae Kim**

* Korea Institute of Science and Technology (KIST) / ** Yonsei University

Abstract - 본 논문에서는 시각기반 센서 네트워크에 의해 다중물체의 위치를 인식 및 추적하여 목표물들의 위치를 결정할 수 있는 분산형 시각 시스템을 제시한다. 각 시각 센서는 칼라와 동작 정보에 의한 대상물체의 정확한 분할 및 다중물체에 대한 실시간 추적 그리고 간단한 원근법에 의한 포즈 추정을 수행한다. 각 시각 센서를 하나의 에이전트 - 시각 에이전트 -로 정의하고, 전체 시각기반 센서 네트워크를 복수 에이전트 시스템 (multiagent system)으로 구성한다. 이로써 대상물체의 핸드오버시 그 대상물체의 신분에 대한 매칭 문제를 Identified Contract Net (ICN) 프로토콜을 제안하여 해결한다. ICN 프로토콜은 시각 에이전트의 개수에 독립적이고 그것을 사용할 경우 시각 에이전트들 간의 캘리브레이션도 필요로 하지 않기 때문에 시각기반 센서 네트워크의 속도, 확장성 및 모듈성을 높여준다. 실험을 통해 구성된 시각기반 센서 네트워크에서 ICN 프로토콜이 적용됨을 성공적으로 검증하였다.

역에서 다중물체의 위치를 인식하고 추적할 수 있는 시스템을 제안한다. 각 시각 센서를 하나의 에이전트 - 시각 에이전트 -로 정의하고 시각기반 센서 네트워크를 복수 에이전트 시스템으로 구성한다. 각 단위 시각 에이전트는 칼라와 동작 정보에 의해 대상물체를 정확히 분할할 수 있으며 다중물체의 실시간 추적에 의해 위치를 결정한다. 특히, 임의의 대상물체의 핸드오버시 대상물체의 신분에 대한 매칭 문제를 해결하기 위해 Identified Contract Net (ICN) 프로토콜을 제안한다. ICN 프로토콜은 시각 에이전트의 개수 및 카메라의 종류에 독립적이고, ICN 프로토콜을 사용할 경우 이웃한 시각 에이전트들 간의 캘리브레이션이 필요 없고 중첩 영역 없이도 시각 에이전트들을 설치할 수 있다. 또한 시각기반 센서 네트워크를 확장 시킬 때 단위 시각 에이전트가 가져야 할 처리 능력만 가지면 될 뿐 다른 카메라와의 관계는 고려해 줄 필요가 없다. 따라서 시각기반 센서 네트워크의 시스템 속도 및 모듈성과 확장성이 높아진다.

1. 서 론

최근 분산 시각 시스템을 이용하여 넓은 영역에서 추적하고 감시할 수 있는 시스템에 대한 연구가 활발하다. 이러한 분산 시각 시스템 상에는 시각 센서의 숫자가 많기 때문에 여유 정보가 생길 수 있고 이것들은 시스템의 신뢰성을 증가시키는데 공헌할 수 있다. 하지만 이 여유 정보들에 대한 조정이 이루어지지 않으면 원하는 결과를 얻지 못할 뿐 아니라 네트워크상의 과부하를 초래할 수도 있다. [1]과 [2]는 여러 대의 카메라를 이용한 시스템이었으나 그들의 카메라가 짧은 기준선에 정렬되었기에 상대적으로 좁은 가시 영역을 가지고 있다. Ng 등 [3]은 다수의 전방향 시각 센서를 사용하여, 여러 대에 동시에 촬영된 사람에 대한 통합 방법을 제안하였다. Nakazawa [4]는 분산 시각 시스템을 이용해 사람을 추적할 때 모든 시각 센서들을 조정하는 방법으로서 상대 전이 도표와 행위 규칙을 이용하였다. [3]과 [4]는 여러 대의 시각 센서간의 상호작용을 실현하는데 성공했지만 단지 한 사람에 대한 추적만을 고려했다. 이에 Nakazawa 등은 [5]에서 여러 사람에 대한 추적에 가능한게끔 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 그룹화하는 방법으로써 매칭 문제를 해결하였다. Matsuyama와 Ukita [6]는 분산 시각 시스템을 하나의 복수 에이전트 시스템으로 보고, 각 시각 센서들 간의 협력에 의해 다중물체를 추적하는 방법을 제안했다. 하지만 [3], [4], [5], [6]에서 사용한 방법들은 시각 센서들 간의 상호작용에 있어서 카메라 간의 캘리브레이션 작업을 필요로 한다. 이 논문에서는, 시각기반 센서 네트워크에 의해 넓은 영

2. 단위 시각 에이전트

2.1 하드웨어 구성요소

각 시각 에이전트의 하드웨어는 현대의 카메라와 영상 처리기로 구성된다. 카메라는 영상을 읽어 들이고, 영상 처리기는 읽어 들인 영상을 처리하고 다른 시각 에이전트와 통신한다.

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 [7]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 [8]에서 제안한 알고리즘을 사용했다. 이 알고리즘은 화면에 새롭게 들어

을 대상물체에 대한 감시 및 검출을 위한 모드와 이전 프레임에서 추적된 대상물체에 대한 추적을 위한 모드를 가지고 있다. 검출 모드에서는 주의집중 차등화를 추적 모드에서는 선기반 추적을 제안하였고, 이것을 사용함으로써 실시간 추적이 가능하게 되었다.

2.2.3 포즈 추정을 위한 간단한 원근법

추적되는 대상물체의 위치를 추정하기 위해 실제 공간과 그것을 촬영한 2차원 영상간의 원근에 의한 정사를 이용하였다.

2.2.4 시각 에이전트들 사이의 조정을 위한 통신 프로토콜

제안된 시각기반 센서 네트워크는 복수 에이전트 시스템으로 정의되었기때문에 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 ICN 프로토콜이 사용된다.

3. 시각기반 센서 네트워크

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

3.1 시각기반 센서 네트워크 구조

제안된 시각기반 센서 네트워크는 각 단위 시각 에이전트들과 사용자와 연결된 인터페이스로서의 감독 시각 에이전트 (directory vision agent: DVA)가 서로 무선 네트워크에 의해 연결된다.

3.2 Identified Contract Net 프로토콜

시각기반 센서 네트워크를 사용하여 광역에서 목표물을 계속 추적하기 위해서는 목표물이 포착되는 카메라가 수시로 변화되기 때문에 카메라간에 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 관찰하는 중첩 영역에 대상물체가 존재할 경우 해당 시각 센서들이 모두 계산 과정에 참여함으로써 로드가 상대적으로 많이 필요하다.
2. 시스템의 확장성을 저해한다. 시각기반 센서 네트워크의 적용 범위를 넓히기 위해 추가적인 시각 센서를 설치하고자할 때마다 이웃한 시각 센서들과의 캘리브레이션을 거쳐야 하고, 한 번 설치된 각 시각 센서들에 대해서도 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 시각기반 센서 네트워크를 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. 또한, 다중 대상물체에 대해서도 이용할 수 있는 ICN 프로토콜을

제안한다. 제안된 ICN은 다음의 요구전달, 조건제시, 계약체의 및 계약체결 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. 계약체의 (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 값을, 즉 조건을 제시한 에이전트들이 계산한 세계 좌표들과의 차를 계산하는 것으로 이루어지는데 그 차가 가장 작은 것에 해당하는 것이 최적의 조건이 된다.
4. 계약체결 (acknowledgement feedback, AF) - 계약체의를 받은 에이전트는 감독 시각 에이전트에게 체결통보 메시지를 보내고 이로써 감독 시각 에이전트는 해당 대상물체에 대한 핸드오버 (handover)가 그 에이전트에게로 일어났음을 인지한다.

임의의 시각 에이전트에서 특정 대상물체에 대한 추적이 이루어지다 대상물체가 그 시각 에이전트의 시야에서 벗어나게 되면 그 대상물체는 핸드오버를 필요로 하고 이때부터 시각 에이전트들 간의 상호작용이 이루어진다. 이 과정에서 해당 대상물체가 빠져 나가려는 움직임을 보일 경우 ICN 프로토콜에 의한 시각 에이전트들 간의 상호작용이 시작되는데- ICN 초기화 (ICN initiation) - 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 않으며 화면의 가장자리와 떨어질 경우 ICN 프로토콜을 정지 (ICN release)시킨다. 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 값을 즉, 종속 에이전트들에서 계산한 세계 좌표들과의 차를 계산하여 그 결과 가장 작은 값에 해당하는 종속 에이전트에게 '계약체의' 신호를 보낸다. 만약 어떠한 '조건제시' 신호도 받지 못했다면 아직 어떠한 시각 에이전트에서도 해당 대상물체가 추출되지 않았다는 의미이므로 적어도 하나의 '조건제시' 신호를 받을 때까지 ICN 초기화 과정을 반복한다. '계약체

의' 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, 핸드오버 하는 역할을 한다. 우리는 메시지 헤더에 대상물체에 대한 신원을 표시함으로써 다중물체에 대한 추적에 이 프로토콜을 이용할 수 있다.

이와 같은 방법으로 ICN 프로토콜에 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 계산 과정에 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.

4. 실험결과

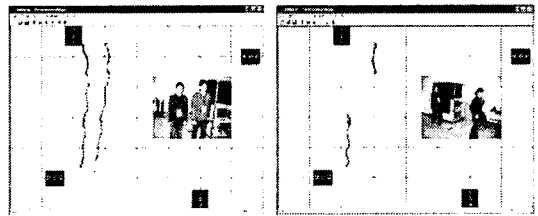
단위 시각 에이전트는 한 대의 칼라 카메라와 영상처리기로 구성된다. 우리는 IMI-TECH의 IMC-80F IEEE 1394 칼라 카메라 세 대와 Intel Pentium M Processor 1.6GHz CPU를 탑재한 한 대의 랩탑 컴퓨터로 세 대의 시각 에이전트를 만들었다. 즉, 하나의 랩탑 컴퓨터에 세 대의 카메라를 연결시켰다. 또한 감독 시각 에이전트로는 Intel Pentium 4 3.4GHz CPU를 탑재한 데스크탑 컴퓨터를 사용했다. 이렇게 만들어진 한 대의 감독 시각 에이전트와 12대의 시각 에이전트를 배치하여 시각기반 센서 네트워크의 실험을 위한 환경을 완성하였다.

이 실험에서 연두색 신분증을 사용하기 때문에 연두색에 대한 칼라모델을 만들고 그것을 기반으로 추적 및 위치인식을 수행해야 한다. 또한 각 시각 에이전트는 원근 영상법에 의해 화면상에서 추출된 신분증의 실제 위치(세계 좌표)를 결정한다. 그림 1은 구현한 시각기반 센서 네트워크를 이용한 위치인식에 대한 실험 결과다. (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. 이 실험의 시스템 속도는 한 번의 위치인식을 하는데 걸리는 시간으로 측정했는데 20번 시행했을 때 평균 0.190913초의 결과를 얻었다. 또한 위치인식 정확도는 사람이 정해진 동선을 움직일 때 그 위치에서 벗어난 편차로 측정했는데 역시 20번 시행했을 때 평균 3.671209cm의 오차가 생겼음을 알 수 있었다. 여기서 오차는 기준과 측정값에 대한 유클리드 거리를 의미한다.

5. 결 론

본 논문에서 카메라 네트워크를 이용해 보다 넓은 영역에서의 위치인식을 위한 분산 시각 시스템 즉, 시각기반 센서 네트워크를 구현했다. 이 시스템은 유비쿼터스 센서 네트워크의 개념으로 구현된 것으로서 시각 센서를 사용했다는 점이 특징적이다. 각 시각 센서를 하나의 에이전트(시각 에이전트)로 간주하여 전체 시각기반 센서 네트워크를 복수 에이전트 시스템으로 구성하였다. 다수의 목표물들이 이웃한 시각 에이전트들의 가시영역 사이를 넘나들 때 자신의 신분에 대한 핸드오버를 위한 매칭

문제를 해결하기 위해 다중물체에 대한 핸드오버 프로토콜로서 ICN 프로토콜을 제안하였다. ICN 프로토콜은 시각 에이전트의 개수에 독립적이고 그것을 사용할 경우 시각 에이전트들 간의 캘리브레이션도 필요하지 않기 때문에 시각기반 센서 네트워크의 속도, 확장성 및 모듈성을 높여준다. 칼라 정보와 동작 정보를 이용한 대상물체 추출 알고리즘, 선기반 추적기에 의한 다중물체 영상추적 기술 및 원근법 기반의 자세 추정 알고리즘 등의 요소 기술들에 의해 각 시각 에이전트는 다중물체를 실시간으로 정확하게 추적할 수 있었으며, 이로써 제안된 시각기반 센서 네트워크를 통한 실시간 위치인식을 실현하였다. 또한, 실험을 위해 구성된 시각기반 센서 네트워크에서 우리가 제안한 ICN 프로토콜이 성공적으로 적용되었으며 이 시스템이 실시간으로 정확하게 위치를 인식할 수 있음을 확인하였다.



(가) (나)
그림 1 다중물체에 대한 위치인식 결과

[참 고 문 헌]

- [1] P. J. Narayanan, P. W. Rander and T. Kanade, "Constructing Virtual World using Dense Stereo," Proc. of IEEE International Conference on Computer Vision, pp. 3-10, 1998.
- [2] S. M. Seitz and K. N. Kutulakos, "Plenoptic image editing," Proc. of IEEE International Conference on Computer Vision, pp. 17-24, 1998.
- [3] K. C. Ng, H. Ishiguro, M. Trivedi, and T. Sogo, "Monitoring Dynamically Changing Environments by Ubiquitous Vision System," 2nd IEEE Workshop on Visual Surveillance, pp.67-73, 26 June 1999.
- [4] A. Nakazawa, H. Kato, and S. Inokuchi, "Human Tracking using Distributed Vision Systems," Proc. of 14th International Conference on Pattern Recognition, vol. 1, pp. 593-596, 16-20 Aug. 1998.
- [5] A. Nakazawa, H. Kato, S. Hiura, and S. Inokuchi, "Tracking Multiple People using Distributed Vision Systems," Proc. of International Conference on Robotics and Automation, vol. 3, pp.2974-2981, 11-15 May 2002.
- [6] T. Matsuyama and N. Ukita, "Real-time Multitarget Tracking by a Cooperative Distributed Vision System," Proc. of the IEEE, vol. 90, pp.1136-1150, July 2002.
- [7] Y. B. Lee, B. J. You, and S. W. Lee, "A Real-time Color-based Tracking robust to Irregular Illumination Variations," IEEE International Conference on Robotics and Automation 2001, vol. 2, pp. 1659-1664, 2001.
- [8] C. H. Kim, B. J. You, and H. Kim, "Detection and Real-time Tracking of Moving Targets using a Color Segmentation Algorithm robust to Irregular Illumination Variation and a Line-based Tracker," The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers Trans. Commun., vol. E88-D, no. 6, June 2005.