
컬러 클러스터링 기법을 이용한 공간지능화의 다중이동물체 추적 기법

진태석* · 김현덕**

A Study on Multi-Object Tracking Method using Color Clustering in ISpace

Tae-seok Jin* · Hyun-deok Kim**

요 약

본 논문에서는 인간과 환경사이의 물리적 또는 심리적 인터랙션을 통한 인간중심의 적절한 서비스를 제공하는 공간지능화(iSpace: Intelligent Space) 구현하고자 네트워크 센서 인식공간을 소개하고 있다. 영상 데이터 처리 및 정보 네트워크 기능을 갖는 다수의 컬러 CCD 카메라를 iSpace 공간에 분산 배치하였다. iSpace내의 정보획득을 위한 네트워크 센서를 분산 지능형 네트워크 디바이스(DIND: Distributed Intelligent Network Devices)라고 명명하고 있으며, 각 DIND는 일종의 클라이언트 역할을 수행하도록 하였으며, DIND는 카메라 센서를 이용하는 이른바 카메라 네트워크를 구성한 것으로 이를 통해 실내 환경을 인식하고 모델링 하며 공간 내 거주자의 의도를 인식하기 위한 시스템을 구축하였다.

ABSTRACT

The Intelligent Space(ISpace) provides challenging research fields for surveillance, human-computer interfacing, networked camera conferencing, industrial monitoring or service and training applications. ISpace is the space where many intelligent devices, such as computers and sensors, are distributed. According to the cooperation of many intelligent devices, the environment, it is very important that the system knows the location information to offer the useful services. In order to achieve these goals, we present a method for representing, tracking and human following by fusing distributed multiple vision systems in ISpace, with application to pedestrian tracking in a crowd. This paper describes appearance based unknown object tracking with the distributed vision system in intelligent space. First, we discuss how object color information is obtained and how the color appearance based model is constructed from this data. Then, we discuss the global color model based on the local color information. The process of learning within global model and the experimental results are also presented.

키워드

공간지능화(Intelligent Space), 이동로봇(mobile robot), 다중이동물체추적(multi-object tracking), 카메라(CCD camera)

I. 서론

최근 로봇분야에 있어 지능화공간에 대한 많은 연구가 진행되어 오고 있다[1][2]. 그중 공간지능화는 컴퓨터 및 네트워크화된 분산 다중센서를 이용한 지능형 디바이스로 구현된 정보공간이라 할 수 있다. 이러한 공간을 다수의 지능형 디바이스로 구현되었다고 하여 지능화라고 부르고 있다. 본 논문에서는 인간과 환경사이의 물리적 또는 심리적 인터랙션을 통한 인간중심의 적절한 서비스를 제공하는 공간지능화(iSpace: Intelligent Space)[3][4] 구현하고자 네트워크 센서 인식공간을 구축하고 있다. 영상 데이터 처리 및 정보 네트워크 기능을 갖는 다수의 컬러 CCD 카메라를 iSpace 공간에 분산 배치하였다. 이러한 정보획득을 위한 네트워크 센서를 분산 지능형 네트워크 디바이스(DIND: Distributed Intelligent Network Devices)라고 명명하고 있으며, 각 DIND는 일종의 클라이언트 역할을 수행하도록 구성된다. 실제 DIND는 카메라 센서를 이용하는 이른바 카메라 네트워크를 구성한 것으로 이를 통해 실내 환경을 인식하고 모델링 하며 공간 내 거주자의 의도를 인식하기 위한 시스템을 구축하였다. 실제로는 거주자의 행동 및 사물의 위치를 비전 센서 위주로 처리하여 다양한 센서정보에 기반한 효율적인 인식 시스템의 구축이 본격적으로 이루어진 것으로 보기에 어려운 점을 가지고 있다. 그림 1은 공간지능화 시스템의 구성도를 개략적으로 나타낸 것이다.

실내 환경을 다양한 센서로 구축하여 사람의 움직임을 감지하고 이동로봇 등이 실제 물리적인 행동을 취할 수 있는 인간-로봇간의 친화적인 환경구현을 위한 공간지능화를 목적으로 하고 있다. 공간지능화의 DIND는 iSpace내의 인간 및 로봇의 위치와 행위를 파악하고 인식하여 네트워크를 통한 상호정보교환을 수행한다. iSpace 공간의 인간 및 로봇의 위치는 DIND에서 획득한 정보에 기반하고 있으며 과거에도 비슷한 연구가 많이 진행되어 왔다. 이러한 연구 중에서 가장 공통인 방법들은 iSpace공간에서의 컬러마크 추적방법[5]과 인간의 행위 인식[6]법 및 인간과 상호작용하기위한 이동로봇의 위치제어다.

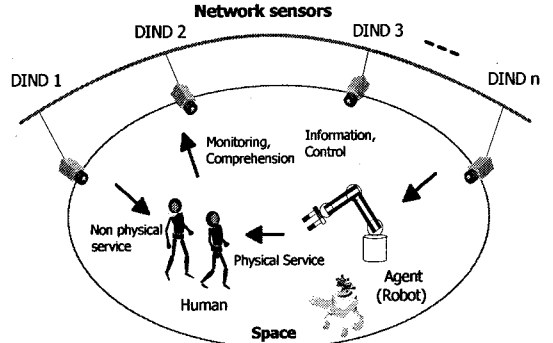


그림 1. 지능형공간(Intelligent Space)의 개념
Fig. 1 Concept of Intelligent Space

이러한 서비스를 위해 DIND의 신속하고 유려한 정보 처리를 통하여 iSpace는 다중 물체의 위치를 인식 및 추적할 수 있어야 한다. 그리고 iSpace의 효율적 기능을 유지하기 위해서는 유려한 추적과 물체 위치인식이 우선적으로 이루어져야 한다. 본 논문에서는 iSpace 공간에서 분산 영상시스템의 컬러 외형모델에 기반한 물체인식 및 추적기법을 서술하고 있다. 우선, iSpace 내의 분산 영상시스템을 설명하고 iSpace 공간내에서 구현하고 하는 컬러 외형모델의 물체추적을 서술하고자 한다. 따라서 본 논문에서는 물체의 컬러정보를 획득하는 방법과 물체의 전역컬러 모델을 이용한 각 다른 카메라 정보간의 일치성 구현방법을 보이고 있다.

II. iSpace의 다중영상시스템

2.1 다중 카메라 다중 이동물체추적

iSpace의 넓은 공간을 센싱하기 위해서는 다중 카메라 및 다중 이동물체의 추적이 우선적으로 해결해야 한다. 이를 위한 다중 카메라 및 다중 물체 추적시스템에 관한 두 개의 중요한 문제가 있을 수 있는데, 그중 하나는 시간에 대한 각 영상프레임에 전형적인 응답문제이고 또 다른 것으로는 유려한 추적과 위치추정을 위한 각 다른 카메라간의 응답문제라 할 수 있다. 후자의 경우를 카메라 영상정보사이의 무결한 정보유지문제(consistent-labeling)라고 하고 이러한 문제를 해결하기 위한 방법들이 최근논문에서 제시되고 있는데, 이러한 방법에는 특정매칭, 위치정보, 얼라인먼트방법 등이 있다. 만약 모든 카메라가 미리 보정된 상태라면 무결정보유지 문제

는 전역좌표계에서 각 물체의 위치를 투영시킴으로서 추정할 수 있다. 얼라인먼트방법은 각 카메라간의 기하학적 변환을 통해서 구현하고 있다. 하지만, 이러한 방법들은 각 다른 카메라들 간의 모니터링영역의 중복이 되지 않고 무결정보유지를 구현하는 것이 어렵다고 할 수 있다.

2.2 DIND의 네트워크 협조

iSpace에서는 DIND가 공간내의 사물과 현상을 파악하고 로봇과 디스플레이, 스피커 등의 이용한 적절한 서비스를 제공한다. DIND는 주로 정보를 얻는 센서부, 그 정보를 처리하는 연산부, 정보를 주고받는 네트워크 및 전원부로 구성되며, 비용을 최소화한 초소형기기가 할 수 있다. 이러한 DIND는 그 크기로 인해 지능에 한계가 있지만 DIND를 네트워크화해 공간에 다수 배치하면 각각이 자율적 협조를 통해 높은 지능의 실현이 가능해진다. iSpace내의 이동물체의 인식을 위해서는 DIND의 효과적인 네트워크 정보협조가 요구된다. 여기서 DIND의 협조라 함은 각 DIND가 다른 영역의 DIND가 모니터링하는 물체에 대한 정보를 상호교환하고 처리하는 과정을 의미한다. 그래서, 각기 다른 DIND간의 물체인식에 상호정보는 보다 효과적인 물체모델을 구현하는데 이용되어야 한다.

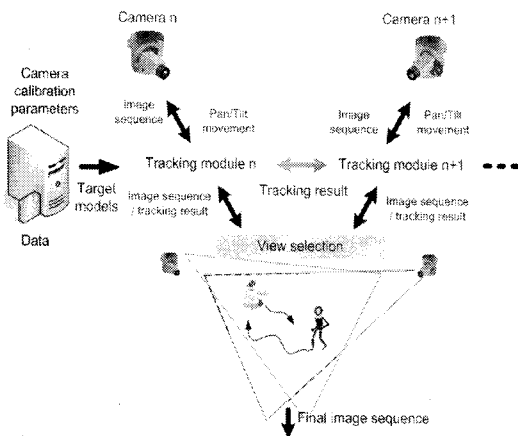


그림 2. 분산다중카메라 기반의 DIND의 시스템 구성
Fig. 2 Structure of DIND System

이러한 예시에서 각 카메라가 독립적으로 수행하는 영상인식방법은 상당히 Low-Level 단계이며, 다중카메라의 협조에 있어 물체에 대한 정보 또한 간단한 수준이고 물체인식정보로서 물체의 위치 또는 특정 색상을 사용할 수 있다. 그리고 네트워크 카메라를 통한 정보공유는 보다 복잡한 알고리즘을 설계하여 구현된다. 여기에는 그림 2에서와 같이 사물정보에 대한 레벨과 각기 다른 카메라간의 교환조건(trade-off)이 존재하게 되는데, 본 iSpace에서는 영상시스템의 정확한 이동물체를 모델링함으로써 협조 프레임워크를 간소화 할 수 있다. 간소화된 협조 프레임워크는 다른 DIND를 추가하더라도 확장성을 가진다.

2.3 색상기반의 물체추적

앞 절에서는 DIND에 의한 이동물체의 인식 및 네트워크를 통한 정보협조에 대해 논하였다. 여기서 구체적으로 어떤 종류의 이동물체의 모델을 구현할 것인가에 대해 생각해보도록 한다. 그림 3에서 보여주는 것과 같이 iSpace에서 각기 다른 DIND에서 얻은 컬러정보가 동일한 이동물체로 인식하기 위한 이동물체의 모델링을 생각할 수 있다.

추출된 이동물체의 컬러 히스토그램은 외형모델에 기반한 사물인식을 위해 사용하는 반면 컬러 히스토그램에 기반한 물체인식은 외곽이나 가려짐 현상에 대해 다소 안정적이라 할 수 있다[12]. 윤관선 처리법과 비교하여 컬러 히스토그램은 분산 카메라에서 인식된 이동물체의 다양한 영상에 대해서 상당히 강건한 결과를 가진다. 이러한 컬러 히스토그램을 사용한 물체표현은 넓은 공간에서 물체의외형에 기반한 다중물체의 유려한 추적을 하는데 유용하다 할 수 있다. 한 방향에서 측정된 컬러 히스토그램을 사용하여 다른 방향에 있는 어떤 카메라가 인식하고 있는지에 대해서는 어려움을 갖고 있지만, 현 상태의 외형을 표현하는 컬러 히스토그램을 한 개의 카메라의 영상을 이용하여 컬러인식 추적을 하는데는 충분하다. 이러한 문제점에 대한 해결책으로서 다음과 같은 두 종류의 물체모델링으로 구분할 수 있다.

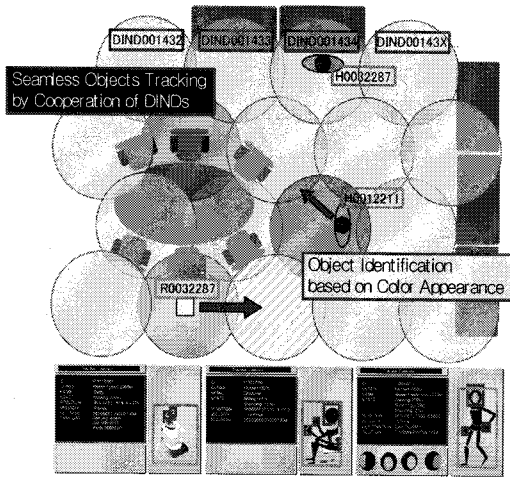


그림 3. 컬러외형 기반의 유려한 추적
Fig. 3 Seamless tracking based on Color

- 로컬컬러모델

로컬컬러모델은 한 개의 카메라에서 캡처한 가려짐 현상이 발생하는 영상데이터에서 물체추적이나 물체의 영상분할을 위해 사용되며 매 영상프레임에서 사물의 외형에 따라 갱신하게 된다.

- 전역컬러모델

전역컬러모델은 여러 카메라 모듈간의 매칭을 위한 이동물체의 외형모델을 말하며 카메라 영상에 비친 이동물체의 여러 모습을 로컬컬러모델의 정보를 포함하고 있다.

III. 이동물체인식

이동물체 찾는 과정은 네트워크화된 카메라 모듈이 모니터링 하는 영역내에서 새롭게 움직이는 물체를 찾는 과정이라 할 수 있다. 여기서 새롭게 인식된 이동물체의 로컬컬러모델도 필요로 하게 되고 고정된 카메라의 영상정보에서 새롭게 움직이는 물체를 찾기 위해서는 배경 차영상(subtraction) 방법을 적용하였다. 본 배경 차영상 방법은 각 프레임에서 인식물체와 배경모델의 차를 구하여 새롭게 인식된 물체의 위치정보를 갱신하게 된다. iSpace에서의 빛의 조건과 이동물체의 그림자 효과를 감소시켜 줄 수 있는 실내조명 및 격자형 바닥의 특성에 의해 이러한 배경 차영상 방법이 효과적으로 동작되

었다. 각 카메라에서 캡처한 배경영상을 비교하고 캡처한 영상에서 분리한 이진영상으로 확산, 수축, 클러스터링 과정을 거치면서 이동물체의 후보지역을 추출하게 된다. 이때, 작은 이동물체의 영역은 잡음으로 처리하여 제거된다. 본 이동물체 인식과정은 그림 4에서 제시한 것과 같다.

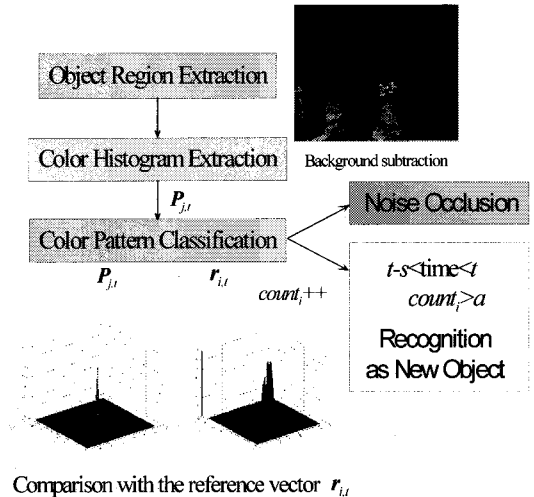


그림 4. 이동물체 인식과정
Fig. 4 Moving Object Recognition

그림 5는 iSpace내의 물체에 대한 특징벡터에 대한 클러스터링 결과를 보여주었고, 그림 5의 왼쪽은 카메라 추적을 위한 고정물체와 이동물체를 각각 보여주고 있다. 여기서, 물체에 대한 특징벡터의 분포를 효과적으로 보여주기 위해 보여주기 위해 특징공간의 모든 방향들 중에서 이차원 영상을 보여주고 있다. 오른쪽 그림에서는 인식된 세 개의 물체에 대한 특징 클러스터를 보여주고 있다. 각 클러스터는 새롭게 인식된 물체에 해당되고 클러스터로부터 떨어져 있는 점으로 표시되는 특성 벡터들은 노이즈 또는 측정된 에러로 간주한다. 식 (3)에서 제시한 T 는 각 클러스터의 수와 크기를 결정하게 된다. 이때, T 는 몇 번의 경험적 실험을 통해서 결정한다. 이러한 과정을 통하여 클러스터들에서 각 클러스터의 기준점을 초기 로컬컬러모델로 간주하고 안정된 초기 컬러모델을 구할 수 있다.

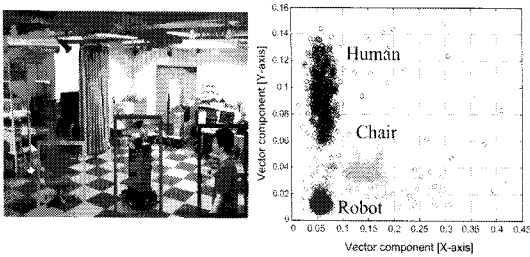


그림 5. 인식 물체에 대한 컬러 클러스터링 결과
Fig. 5 Color Clustering for Object Recognition

IV. 결 론

본 논문에서는 분산 지능형 네트워크 기반의 디바이스를 기반으로 한 지능형공간에서의 다중이동물체 추적기법을 소개하고 있다. 지능화공간의 영상시스템은 다중 이동물체 인식을 위한 실시간 영상처리 및 가려짐 현상에 대한 극복, 다중 이동물체추적, 네트워크를 통한 정보교류 등의 기능을 수행하기 위해서 모델기반 방법과 특징기반의 방법을 효과적으로 결합한 다중이동물체 추적을 수행하게 된다. 따라서, 본 논문에서는 차영상을 이용한 물체 추출과 조명조건의 변화에 불변하는 컬러 히스토그램을 특성을 사용하였다. 이러한 특징량과 파티클 필터에 기반한 알고리즘을 이용하여 이동물체의 컬러외형모델을 작성함으로써 강인한 검출, 추적 성능을 나타낼 수 있었다.

참고문헌

[1] B. Brumitt, B. Meyers, J. Krumm, A. Kern, S. Shafer, "EasyLiving: Technologies for Intelligent Environments", Proceedings of the International Conference on Handheld and Ubiquitous Computing, pp.12-29, September, 2000.

[2] Rodney A. Brooks, "The Intelligent Room Project", Proceedings of the Second International Cognitive Technology Conference(CT'97), Aizu, Japan, pp.69-74, August 1997.

[3] J.-H. Lee, H.Hashimoto, "Intelligent Space - concept and contents", Advanced Robotics, Vol.16, No.3, pp.265-280, 2002.

[4] H. Hashimoto, "Intelligent Space -How to Make Spaces Intelligent by using DIND", Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (SMC'02), pp.14-19, 2002.

[5] G. Appenzeller, J.-H. Lee and H.Hashimoto, "Building Topological Maps by Looking at People: An Example of Cooperation between Intelligent Space and Robots," IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS'97), pp.1326-1333, 1997.

[6] J.-H. Lee, H.Hashimoto, "Controlling Mobile Robots in Distributed Intelligent Sensor Network", IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 50, No. 5, pp.890-902, 2003.

[7] S. Khan and M. Shah, "Consistent Labeling of Tracked Objects in Multiple Cameras with Overlapping Fields of View", IEEE Transactions on Pattern Analysis and machine Intelligence, Vol.25, No.10, pp.1355-1360, 2003.

[8] A. Utsumi, J. Ohya, "Multiple- Camera- Based Human Tracking Using Non-Synchronous Observations", Proc. Asian Conf. Computer Vision, pp.1034-103, 2000.

[9] T. Matsuyama, N.Ukita, "Real-Time Multi-Target Tracking by a Cooperative Distributed Vision System", Proc. IEEE, Vol.90, No.7, pp.1136-1150, 2002.

[10] N. Atsushi, K. Hirokazu, H. Shinsaku, and I.Seiji, "Tracking Multiple People using Distributed Vision Systems", Proceedings of the 2002 IEEE International Conference on Robotics & Automation, Washington D.C, pp.2974-2981, 2002.

저자소개



진 태 석(Tae-Seok Jin)

진주산업대학교 (공학사)
부산대학교 대학원(공학석사)
부산대학교(공학박사)

동경대학 생산기술연구소 포닥연구원
현재 동서대학교 메카트로닉스공학과 전임강사
※관심분야: 다중센서융합, 이동로봇, 다관절로봇,
지능제어



김 현 덕(Hyun-Deok Kim)

1976년 동아대학교 전자공학과
(공학사)
1985년 동아대학교 전자공학과
(공학석사)

1996년 경남대학교 전기공학과(공학박사)
1989-현재 진주산업대학교 전자공학과 교수
2007-현재 해양정보통신학회 회장역임
※관심분야 : 디지털신호처리, 음성신호처리 및 인식,
신경회로망, 지능형신호처리