

# 유비쿼터스 도시 구축을 위한 컴퓨터 비전 응용

장 원 귀      이 상 욱\*

## ◆ 목 차 ◆

- |                            |                          |
|----------------------------|--------------------------|
| 1. 서론                      | 4. 사람 계수 및 움직임에 대한 연구 조사 |
| 2. U-City를 위한 컴퓨터 비전 기술 선정 | 5. 정리 및 맺음말              |
| 3. 교통 파라미터 추출에 대한 연구 조사    |                          |

## 1. 서론

유비쿼터스 도시(U-City)를 구축하기 위해서는 환경공학과 IT 기술을 기반으로 한 지능형 교통, 재난 및 환경 관리 시스템이 필수적이다.

현재의 환경 정보 시스템은 소음, 대기 및 수질로부터 데이터를 습득하여 그것을 바탕으로 적절한 분석을 통해 환경 상태에 대한 정보를 제공하는 역할을 한다. 하지만 실시간 및 무인 데이터 습득이 쉽지 않고 또한 그러한 정보 그 자체로는 도시에 거주하는 사람들이 바로 확인할 수 없는 어려움을 가지고 있다. 이러한 어려운 점들이 바로 IT 기술이 필요한 이유이다.

첨단화된 IT 기술은 도시를 구성하는 여러 요소를 네트워크를 통해 연결하여 언제 어디서든 정보를 주고 받을 수 있는 기반을 조성한다. 이러한 기반 하에 여러 곳에 설치된 유비쿼터스 센서로부터 항시 데이터를 얻을 수 있고 연결된 네트워크를 통해 센서의 데이터를 처리하게 된다. 환경공학에 기준한 데이터 분석으로 얻어진 유용한 정보는 유/무선 네트워크를 통하여 개개인이 가지고 있는 각종 단말기로 전달 되어 직관적인 유저 인터페이스를 통해 환경 정보 및 유용한 많은 정보를 얻을 수 있게 한다.

본 논문에서는 IT 기술 중 카메라 센서로부터 얻어진 데이터의 처리를 통해 유용한 정보를 얻을 수 있는 방법에 대해 알아본다.

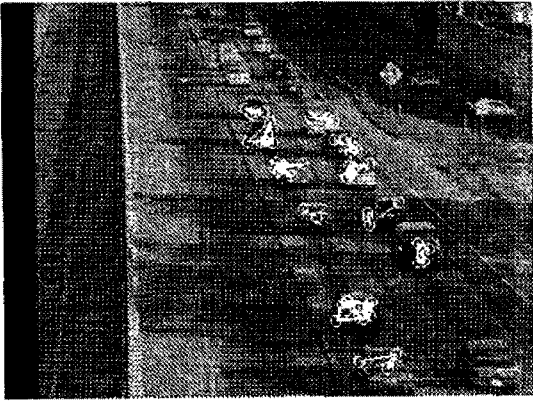
카메라로부터 얻을 수 있는 정보의 종류 및 양은 무궁무진하지만 컴퓨터 비전의 한계 및 계산처리 비용이 크므로 널리 사용되고 있지 않다. 하지만 지능화된 시스템 개발을 위해서는 차후 실현가능한 컴퓨터 비전 기술을 확장시키는 연구개발이 필요하게 될 것이다. 여기서는 U-City 구축에 기여할 수 있는 2가지 컴퓨터 비전 기술을 선정하고 그와 관련된 연구와 동향에 대해 개괄적으로 소개하고자 한다.

## 2. U-City를 위한 컴퓨터 비전 기술 선정

도시의 환경은 1절에서 언급한 소음, 대기 및 수질 센서로부터 그 결과적 상태를 알 수 있다. 그러나 원 인적인 요소를 파악하기 위해서는 다른 종류의 센싱 과 분석이 필요할 수 있다.

도시에서 소음 및 대기에 많은 영향을 미치는 것 중의 하나는 바로 차량이다. 각 도로의 통과 차량을 파악하면 특정 지역에 대한 소음 및 대기 지도를 작성하는 데에 결정적인 도움이 될 수 있다. 또한 지능형 교통 시스템이 발생한 교통 사고를 감지하기 위해서도 자동화된 차량 계수, 분류 및 분석 시스템이 필요로 된다. 현재 자기 고리(magnetic loop)를 사용한 차량 탐지기(vehicle detector) 및 차 축 탐지 기반의 차량 분류기는 상용화되어 있지만 자기 고리로는 각 차 선 별로 설치가 필요하고 차 축을 기반으로 한 방법은 차량이 많은 곳에서 겹치는 차량에 대해서는 처리를 하지 못하는 단점을 지닌다. 하지만 컴퓨터 비전을

\* 서강대학교 미디어공학과



(그림 1) 특징 기반의 차량 검출 및 추적

기반으로 한 기술을 사용하면 이미 많이 설치되어 있는 교통 카메라를 이용하여 차량 계수, 분류뿐 아니라 차량의 움직임 분석을 통해 교통 사고 예방 및 감지를 할 수 있으므로 보다 지능적이고 효율적인 시스템을 개발할 수 있다.

도시 환경에 큰 영향을 미치는 요소 중의 하나가 차량이지만 실제 도시를 구성하는 가장 중요한 요소는 바로 사람이다. 도시에는 많은 사람이 거주하며 특히 공연장, 놀이시설 등에는 매우 밀집한 사람들이 존재한다. 이렇게 사람이 밀집할 수 있는 곳에서는 사고가 발생할 가능성이 크므로 급격한 사람수 증가 및 이동을 항상 감지하여 사고발생을 알리거나 아니면 어떠한 변화로부터 사고가 발생할 수 있는 가능성이 크다는 것을 미리 알려주는 지능형 시스템 개발이 중요하다. 일반적인 환경에서 이러한 사람을 찾아 계수하고 움직임을 분석하는 시스템 구축은 컴퓨터 비전 기술에 의존하지 않고는 무척이나 어려운 일이다.

위의 두 경우에서 보았듯이 U-City를 위해 적용할 수 있는 효율적인 컴퓨터 비전 기술은 차량의 계수, 분류 및 움직임 분석과 사람의 계수 및 움직임 분석이라고 정리할 수 있다.

### 3. 교통 파라미터 추출에 대한 연구 조사

#### 3.1 소개

각 차량의 계수, 분류 및 움직임 분석에 대한 구체

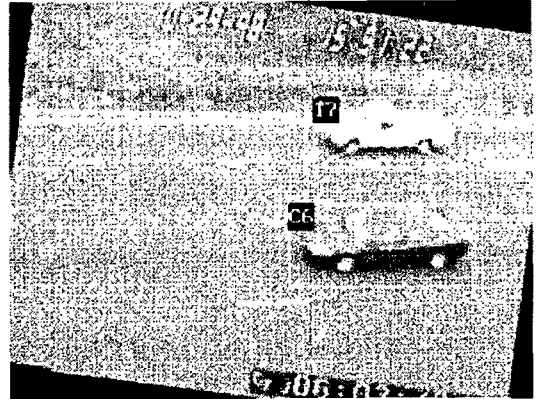
적인 정의는 다음과 같다.

차량의 계수(vehicle counting)는 차로 주변에 설치된 교통 카메라로부터 일정 시간 동안에 지나간 차량의 수를 알아내는 방법이다. 차량의 분류는 차로 위의 차량을 소형차(승용차), 중형차(승합차), 대형차(화물차, 버스) 및 기타 차량(오토바이) 등으로 분류하는 것이고 차량의 움직임 분석은 차량들의 평균 속도, 차선 변경 등을 알아내는 것이다. 위의 차량 계수, 분류 및 움직임 분석 등을 전문적인 용어로 교통 파라미터(traffic parameter)라고 부른다. 교통 파라미터를 구하는 것은 어려운 일인데 왜냐하면 차량들간의 중복 및 차량의 그림자로 인해 가리워지게 되는 영역이 생기며 또한 카메라 노이즈, 일출과 일몰로 인한 조명의 변화 그리고 날씨의 변화가 차량의 식별을 어렵게 하기 때문이다.

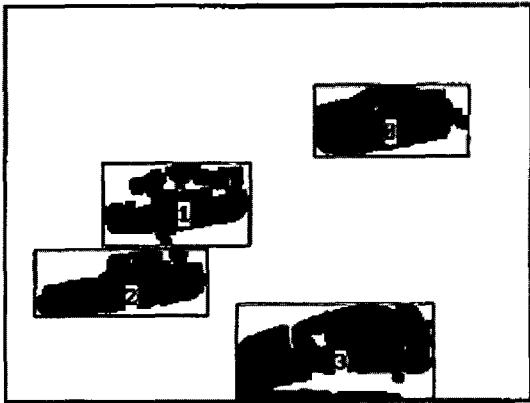
#### 3.2 차량 계수 관련 연구 조사

차량 계수를 수행하기 위해 카메라로 얻은 영상으로부터 차량 탐지와 차량 추적의 2단계 처리가 필요하다. 차량 탐지는 한 영상 프레임에 대해서 차량이 존재할 것 같은 영역을 찾아내는 역할을 하며 차량 추적은 연속하는 영상 프레임으로부터 동일한 차량을 식별하는 역할을 한다.

차량 탐지와 추적은 크게 보아 특징 기반[bey97]과 영역 기반[gup02]으로 나누어 볼 수 있다. 특징 기반은 먼저 영상에서 작은  $N \times N$  크기의 윈도우( $N=3, 5, \dots$ )에서 두드러진 대비가 나타나는 영역을 찾는다. 이러한 영역은 특징점(feature point)으로 부르며 시간 축에서 연속하는 영상으로부터 일치하는 특징점을 찾고(추적) 영상 공간 상에서 인접한 특징점의 집합을(그림 1)에서와 같이 하나의 차량으로 식별한다. 이와 달리 영역 기반은 먼저 차량과 그 배경을 분리하는 처리를 수행한다. 이 처리로(그림 2)에서와 같이 차량이라고 볼 수 있는 영역과 그렇지 않은 영역이 이진 영상으로 표현되며 연속하는 프레임에서 일치하는 분할된 영역을 추적하게 된다.



(그림 3) 카메라 보정으로 얻은 영상



(그림 2) 영역 기반의 차량 검출 원본 사진 (상), 배경과 분리된 차량 검출 사진 (하)

### 3.3 차량 분류와 속도 측정 관련 연구 조사

차량의 분류와 속도 측정은 차량의 종류와 차량의 속도가 소음 및 대기에 영향을 미치는 정도가 각각 다르기 때문에 중요한 의미를 가지는 교통 파라미터이다.

차량의 분류와 속도 측정은 3.2절에서의 차량 탐지와 추적보다 어려운 처리이다. 왜냐하면 원근 투영 카메라로 차의 형태가 왜곡되어 상이 뺏히며 또한 차량 종류 별로 다양한 색상과 형태를 가지기 때문이다.

원근 투영으로 인한 왜곡은 카메라 보정(camera calibration) 처리[gup02, bey97]를 통해 카메라로부터 얻은 (그림 2)와 같은 왜곡된 영상으로부터 (그림 3)

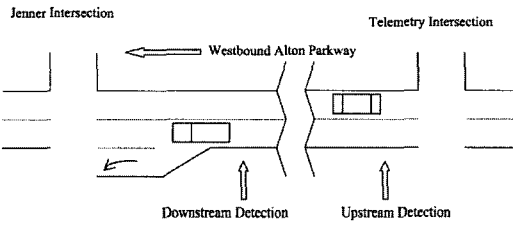
에서와 같은 보정된 영상을 얻을 수 있다. 카메라 보정은 영상에 투영된 차선 분리선의 좌표 값 및 실제 차선 분리선의 길이 값으로부터 처리된다. 왜곡을 보정한 영상으로부터 쉽게 차량의 실제 속도를 계산할 수 있고 차량의 분류를 수행할 수 있다.

차량 분류의 경우 [gup02]에서는 소형차와 그 이외의 차량(승합차, 화물차, ...)으로 차량의 치수를 구한 후 두 분류로 나누는 방법을 제시하였으며 [kol93]에서는 차량의 종류별로 3D 다면체 모델을 만든 후 탐지된 차량에 모델을 역투영(backprojection)하여 분별하는 방식을 제안하였다.

### 3.4 기타 교통 파라미터 추출 관련 연구 조사

교통 파라미터 추출을 어렵게 하는 요소로서 3.1절에서 차량간의 가리워짐과 그림자를 언급하였다. 그 외로 인접하게 위치한 카메라로부터 동일한 차량에 대한 파라미터 추출로 중복적인 값을 얻는 문제점이 존재한다. 최근에는 위에서와 같은 문제점을 극복하려는 연구가 다음과 같이 진행되고 있다.

차량간의 가리워짐으로 여러 차량이 하나의 차량 또는 차량이 아닌 것으로 식별되는 것을 막기 위해 [pan04]에서 가리워진 차량들의 외곽선 정보와 차선 분리선으로부터 구한 소실점(vanishing point)으로부터 독립적인 차량으로 분리할 수 있는 방법이 제시되었다. 또한 그림자로 인하여 차량 식별이 되지 않는 것을 차단하기 위해 [hsi04]에서 차량으로부터 생기는



(그림 4) 다중 카메라의 위치 및 주위 상황

그림자를 제거하는 방법을 제안하였다.

하나의 교통 카메라로부터의 교통 파라미터 추출이 아닌 인접한 다중 카메라로부터의 교통 파라미터를 추출할 때에는 하나의 차량이 다중 카메라에 각각 나타난다. 이러한 경우 단일 카메라로의 접근법으로는 각 카메라에서의 동일한 차량을 독립적인 차량으로 식별하여 의도하지 않은 중복된 데이터를 얻게 됨으로 신뢰할 수 있는 결과를 얻기 힘들다. 이러한 문제점을 [sun04]에서는 (그림 4)에서와 같이 한 차로 위의 상류에서 하류로 움직이는 차량에 대해 각 상/하류 차량을 나타내는 특징 벡터(feature vector)간의 거리가 최소가 되는 두 특징 벡터를 같은 차량으로 식별해내는 방법을 제안하였다. 이러한 다중 카메라 처리로부터 단일 카메라로는 얻지 못하는 차량의 운행 시간 변화성 및 궤적 추적으로 차량 사고를 대비할 수 있다.

## 4. 사람 계수 및 움직임에 대한 연구 조사

### 4.1 소개

사람 계수(people counting)는 카메라가 설치된 장소에서 일정 시간 동안에 지나간 사람의 수를 알아내는 방법이다. 사람의 움직임 분석은 한 사람의 변화하는 자세를 분석(human motion analysis)하거나 아니면 군중의 이동 경로를 분석(crowd motion analysis)하는 것이다.

사람은 앞 절에서 알아본 차량에서와 같이 가리워짐, 그림자, 조명의 변화 그리고 날씨의 변화로 인해 마찬가지로 어려운 문제이지만 사람이 존재할 수 있는 위치가 실내외등 불특정하며 성별, 나이, 자세 및 옷으로 인한 다양한 크기 및 형태 그리고 머리카락

색상, 피부색, 옷 색상 등 여러 색상으로 영상에 투영되므로 사람을 식별하는 것은 더욱 어려운 문제이다.

### 4.2 사람 계수에 대한 연구 조사

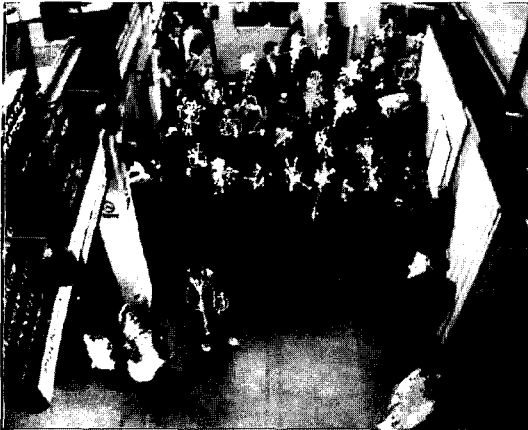
사람의 계수는 3.2절의 차량의 계수에서와 같이 사람 탐지와 추적의 2단계의 과정을 거친다. 하지만 차량이 차로 위에 존재한다는 가정으로 (그림 2)에서와 같이 차량과 그 외 배경 영역을 쉽게 분리할 수 있었지만 사람이 존재할 수 있는 영역에 대해 어떠한 가정을 하는 것은 힘들기 때문에 사람을 탐지하기 위해서는 좀 더 복잡한 모델과 처리 기법이 필요하다.

[zha04]는 (그림 5)와 같이 사람의 머리, 몸체, 다리에 대한 형태를 각 타원(articulated ellip - soid)으로 모델링하여 사람을 탐지하고 사람의 외양(appearance)과 배경을 모델링하여 추적을 하는 방법을 제시하였다. 이러한 모델을 기반한 방법은 사람들이 밀집하여 가리워짐이 생기거나 카메라가 바닥과 마주보는 위치에 설치되어 있다면 탐지와 추적이 어렵다.

[bro06]에서는 각 영상 프레임에 대해 특징점을 구하고 연속하는 프레임에 대해 동일한 특징점을 찾아 각 특징점 별로 궤적을 구한다. 이러한 궤적 간의 차가 일정한 경우 그러한 특징점들의 집합이 독립적인 하나의 객체를 나타내는 것으로 판단하는 방법을 제시하였다. 여기서는 움직임 정보만을 사용했기 때문에 (그림 6)에서와 같이 앞서 언급한 모델 기반으로는 처리되기 어려운 환경에 대해서도 좋은 결과를 얻을 수 있다. 또한 이러한 접근법은 사람뿐 아니라 독립적으



(그림 5) 타원으로 모델링 되어 사람이 탐지된 영상



(그림 6) 군중에 대해 사람이 탐지된 영상

로 움직이는 다양한 객체에 대하여 적용 가능한 장점을 가지고 있지만 계산처리 비용이 크다는 것과 바람 등으로 인해 의도하지 않은 움직임이 발생하여 잘못된 결과를 얻을 수 있는 단점을 가지고 있다.

### 4.3 사람 움직임 분석에 연구 조사

한 사람의 움직임으로부터 그 사람이 쓰러져 있거나 수상한 행동 등을 식별할 수 있다. 움직임 분석은 4.2에서 알아본 사람 탐지와 추적을 기반으로 처리된다. [guc94]에서는 사람의 형체를 (그림 7)에서와 같이 막대 모양 모델(stick figure model)로 표현하여 학습된 모델의 움직임으로부터 입력 영상의 사람 움직임을 분석하는 방법을 제안 하였다. 그 밖의 다양한 모델 및 그 외의 접근법에 대해서는 [gav99, agg99]을 통해 알 수 있다.

군중에 대한 움직임 분석은 아직 연구가 미비하다. 하지만 급격한 군중의 이동으로부터 화재 및 폭발과 같은 위급한 사건이 발생했다는 것을 신속히 알아 대처할 수 있으므로 추후 활발한 연구가 필요한 분야이다. 예상할 수 있는 하나의 시나리오로서 먼저 군중의 각 개개인에 대한 탐지와 추적으로부터 얻을 수 있는 위치와 궤적 [mur00]을 바탕으로 전체 군중의 움직임 정보를 얻는다. 이 정보와 사고가 발생했을 때에 대한 모의 실험[and05]으로부터 얻어진 정보를 기반으로 사고가 발생 했는지를 판단할 수 있다.



(그림 7) 막대 모양의 모델로 표현된 사람 형체

## 5. 정리 및 맺음말

본 논문에서는 U-City 구축에 기여할 2가지 컴퓨터 비전 기술을 선정하였다. 첫째로 지능형 교통 시스템 및 소음과 대기 지도 작성을 위한 자동화된 교통 파라미터 추출에 관한 연구에 대해 조사해보았고 둘째로 급격한 사람수 증가와 움직임으로부터 사고를 감지할 수 있도록 자동화된 사람 계수와 다양한 움직임 분석에 관한 연구를 조사해 보았다.

위 두 주제와 관련하여 많은 연구가 진행되고 있지만 아직 신뢰할만한 단계의 결과를 얻을 수 없고 상대적으로 큰 연산처리 비용으로 인하여 일반적으로 널리 사용되지 않고 있다. 하지만 이러한 시스템의 개발은 추후 필수적인 것이며 위의 사람 및 차량 외에 컴퓨터 비전 기술을 사용하여 건물 및 문자 인식 등 U-City를 위한 다양한 지능 시스템이 개발될 수 있을 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] [agg99] J. K. Aggarwal and Q. Cai, "Human Motion Analysis: A Review," in Computer Vision and Image Understanding, vol. 73, pp. 428-440, 1999.
- [2] [and05] E. Andrade and R. Fisher, "Simulation of crowd problems for computer vision," in First International Workshop on Crowd Simulation, vol. 3, pp. 71-80, 2005.
- [3] [bey97] D. Beymer, P. McLauchlan, B. Coifman, and J. Malik, "A real time computer vision system for measuring traffic parameters," in Proc. IEEE Conf. Computer Vision and Pattern

- Recognition, Puerto Rico, pp. 496-501, June 1997.
- [4] [bro06] G.J. Brostow and R. Cipolla, "Unsupervised Bayesian Detection of Independent Motion in Crowds," in Proc. IEEE Conf. Int'l Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, vol. 1, pp. 594-601, June 2006.
- [5] [gav99] D. M. Gavrilu, "The Visual Analysis of Human Movement: A Survey," in Computer Vision and Image Understanding, vol. 73, pp. 82-98, 1999.
- [6] [guo94] Y. Guo, G. Xu, and S. Szuji, "Understanding human motion patterns," in Proc IEEE Conf. Int'l Conference on Pattern Recognition, vol. 2, pp. 325-330, Jan. 1994.
- [7] [gup02] S. Gupte, O. Masoud, R. F. K. Martin, and P. Papanikolopoulos, "Detection and classification of vehicles," in IEEE Trans. Intell. Transport. Syst., vol. 3, pp. 37-47, Mar. 2002.
- [8] [kol93] D. Koller, "Moving object recognition and classification based on recursive shape parameter estimation," in Proc. 12th Israel Conf. Artificial Intelligence, Computer Vision, Dec. 27-28, 1993.
- [9] [mur00] S. Murakami and A. Wada, "Automatic extraction and display method of walking persons' trajectories," in Proc. IEEE Conf. Int'l Conference on Pattern Recognition, vol. 4, pp. 611-614, Sep. 2000.
- [10] [pan04] C.C.C. Pang, W.W.L. Lam, and N.H.C. Yung, "A novel method for resolving vehicle occlusion in a monocular traffic image sequence," in IEEE Trans. Intell. Transport. Syst., vol. 5, pp. 129-141, Sept. 2004.
- [11] [sun04] C.C. Sun, G.S. Arr, R.P. Ramachandran, and S.G. Ritchie, "Vehicle identification using multidetector fusion," in IEEE Trans. Intell. Transport. Syst., vol. 5, pp. 155-164, 2004.
- [12] [tu04] P. Tu and J. Rittscher, "Crowd segmentation through emergent labeling," in ECCV Workshop SMVP, pp. 187-198, 2004.
- [13] [zha04] T. Zhao and R. Nevatia, "Tracking multiple humans in complex situations," in IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., pp. 1208-1221, 2004.

## ● 저자 소개 ●



### 장원귀

2006년 세종대학교 컴퓨터공학과 졸업(학사)  
 2006년 ~ 현재 서강대학교 미디어공학과 재학 중(석사)  
 관심분야 : 컴퓨터 비전, 인공지능, etc.



### 이상욱

1981년 서울대학교 전자공학과 졸업(학사)  
 1983년 KAIST 전기 및 전자공학과 졸업(석사)  
 1991년 University of Pennsylvania 전자공학과 졸업(박사)  
 2000년 ~ 현재 서강대학교 미디어공학과 교수  
 관심분야 : 컴퓨터 비전, 영상처리, etc.