컴퓨터 비젼을 이용한 버스 승객 계수 시스템

김진만[0], 이재호, 김회율
한양대학교 영상공학 연구실
ooooll@ihanyang.ac.kr, jhlee@vision.hanyang.ac.kr, wykim@hanyang.ac.kr

Bus Passenger Counting System using Computer Vision

Jin-Man Kim[0], Jae-Ho Lee, Whoi-Yul Kim
Image Engineering Laboratory, Hanyang University, Seoul, Korea

요 약

본 논문에서는 버스에 설치되어 있는 비디오 카메라의 연속된 승차 영상과 추출해둔 배경 영상간의 영상차 분석을 통해 승객이 특정 구역을 통과하는 것을 감지하여 계수하는 방법을 연구하였다. 배경 영상은 운행 시와 같이 배경이 급변할 때는 연속된 두 프레임의 영상차를 이용하여 동적으로 배경 영상을 얻고 정차 시에는 배경 영상을 승차 영상과 비교하여 보정하여 주는 방법으로 최적화된 배경 영상을 얻어 내었다. 본 시스템은 실제 상황에서 얻어진 비디오 영상에 적용하여 93.6%의 계수 성공률을 얻어 내었다.

1. 서론

현재 실생활에서 사용되고 있는 자동 계수 시스템으로는 전기적인 방법과 기계적인 방법이 있다. 대표적인 전기적인 방법의 예로는 버스의 자동문에서 볼 수 있는 적외선 장치를 들 수 있으며, 기계적인 방법으로는 지하철과 도서관 등에서 볼 수 있는 출·입 제어 장치 등이 있다. 본 논문에서는 버스에 고정되어 설치되어 있는 비디오 카메라의 녹화 테이프를 분석하여 승객을 자동으로 계수 하는 방법에 대하여 제안한다.

버스 승객 계수 시스템에 사용될 수 있는 영상처리 기법으로는 입력되는 영상에서 얼굴을 감지하는 방법[1]과 움직임 정보를 추출하는 방법[2][3][4][5]등이 있다. 영상에서 얼굴영역을 감지하여 승객을 계수하는 방법은 버스에 장착된 카메라의 특성상 입력되는 영상의 노이즈로 인하여 얼굴 영역 검출에 잦은 오류를 유발하였다. 또한 복잡한 연산으로 인한 연산 시간의 증가를 초래하는 것을 볼 수 있었다. 따라서 본 논문에서는 입력 노이즈에 강인하고 연산의 복잡도가 적은 차영상 분석 기법을 사용한 승객 계수 시스템을 제안하였다. 기존의 차영상 분석 기법으로는 연속된 2장의 프레임 또는 3장의 프레임을 이용하여 움직임의 영역을 감지하는 형태로 구성되어 있다. 그러나, 이러한 차영상 기법은 승객이 천천히 움직일 경우나 정지한 경우에 대하여 인식이 불가능해지는 단점이 발생한다. 이를 극복하기 위하여 본 논문에서는 움직임에 적응하여 배경 영상을 생성한 후 이를 이용한 차영상 기법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 동적인 배경 영상 획득 방법, 차영상 추출 기법 그리고 추출된 움직임 정보를 분석하여 승객을 계수를 하는 과정을 보였으며, 3장에서는 본 논문에서 사용된 실험환경과 그 결과를 나타내었다, 4장에서는 향후 연구 과제와 실험 결과의 분석에 대하여 논하였으며, 5장은 본 논문의 결론으로 구성되어 있다.

2. 승객 계수 방법

계수 시스템이란 측정하려고 하는 물체가 특정 구역을 통과하는 것을 인지 하는 시스템이다. 이를 위하여 제안된 시스템에서는 입력영상에 대하여 특정 구역을 미리 정의하고, 특정 구역에서의 움직임을 감지하여 승객을 계수 하는 방법을 사용하였다.

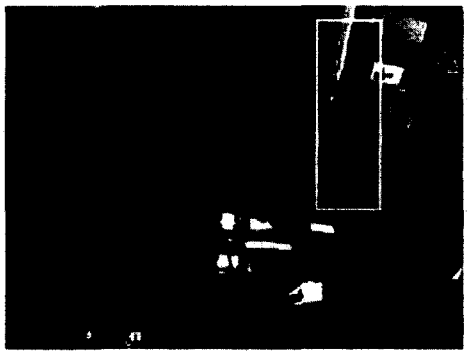

그림 1 승객 계수를 위한 특정구역

그림 1에 도시된 것처럼 차량 내부의 구역으로 차량의 운행에도 배경이 변하지 않고 승객 한명이 통과할 수 있을 정도의 제약된 공간으로 특정 구역을 정의하였다.

2.1 배경 영상 추출 방법

강인한 배경 영상의 추출을 위하여 본 논문에서는 버스가 정차 했을 때와 운행중인 경우를 구분하여 배경 추출 방법을 구성하였다. 차량이 정차 한 경우에는 현재 프레임 영상과 배경 영상의 각 픽셀에 대하여 현재 프레임의 픽셀 값이 배경 영상의 픽셀 값보다 크면 배경 영상의 픽셀에 1을 더해주고, 작으면 1을 감해주는 방법으로 배경 영상을 추출하였다[6][7]. 이러한 배경 영상 추출 기법을 이용하여 승객이 승차할 때 생기는 순간적인 밝기 변화등에 따른 노이즈가 배경 영상의 신뢰도에 영향을 주는 것을 최소화 하였다.

버스가 운행중인 경우에 대하여서는 실시간으로 계속 급변하는 배경에 적응하기 위하여 동적으로 배경을 추출하는 방법을 사용하였다. 본 논문에서 제안한 동적으로 배경을 추출하는 과정은 다음과 같다.

과정 1: 연속된 2장의 프레임의 차영상을 구한다.

과정 2: 구해진 차영상 내부의 미리 정의된 특정 구역의 픽셀 값들의 평균을 임계 값으로 하여 이진 영상으로 변환한다.
과정 3: 노이즈를 제거하기 위하여 3×3 마스크로 모폴로지 연산을 수행한다.
과정 4: 특정 구역에 움직임이 검출되지 않으면 배경으로 채택한다.

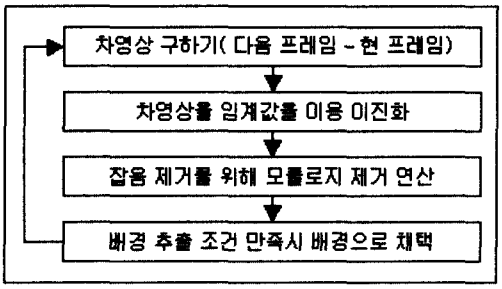

그림 2 동적 배경 영상 추출 흐름도

그림 2는 동적 배경 추출 과정의 순서를 보여주고 있다.

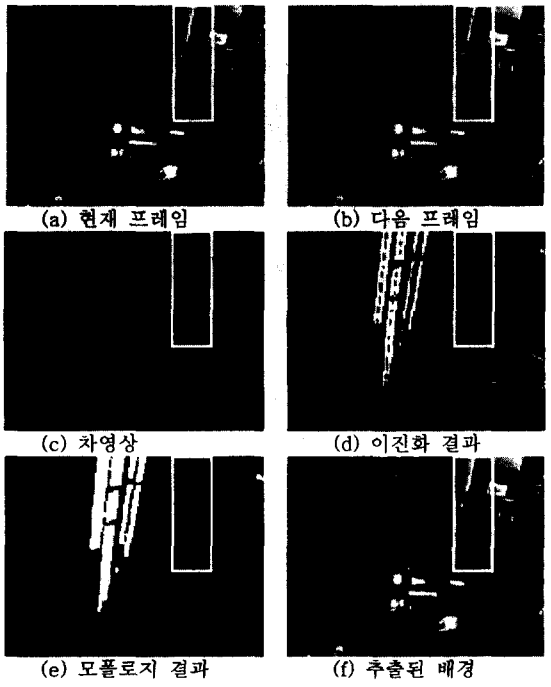

그림3 버스 입력 영상에서의 배경추출 과정

그림 3은 배경 추출 과정에서 얻은 결과 영상들을 보여주고 있다. 그림 3의 (e)에서 모폴로지 연산 결과에 의한 특정 구역에서의 움직임이 검출 되지 않았으므로 (f)의 배경 영상으로 입력 영상의 다음 프레임인 (b)를 채택한 것을 볼 수 있다.

2.2 배경 영상과의 차영상을 이용한 움직임 검출

본 논문에서 제안한 자동 승객 계수 시스템의 움직임 검출 과정은 다음과 같다.

과정 1: 배경 영상 추출 과정에서 얻어진 배경 영상과 현재 입력 프레임과의 차영상을 구한다.
과정 2: 구해진 차영상을 이진화와 모폴로지 연산을 수행하여 각각의 영역으로 레이블링 한다.
과정 3: 레이블링된 객체의 최대 픽셀수가 임계값 이상이면 '1' 미만이면 '0'으로 판정한다.

과정 3에서 사용된 임계 값은 실험 치인 1000을 사용하였다 외부의 노이즈나 두 명의 승객이 동시에 특정 구역 안에 들어온 경우에는 과정 2에서 레이블링 연산에 의하여 여러 개의 객체로 분할된다. 따라서 레이블링된 객체 중에서 최대의 영역을 갖는 객체만을 의미 있는 데이터로 사용하여 움직임 유무를 판단하였다.

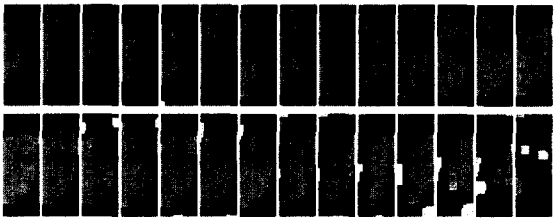

그림4 특정 구역에서의 움직임 검출 결과

실제로 특정 구역에 한명의 승객이 지나가는 과정을 그림 4에 도시하였다. 승객들은 대개 직립 보행으로 특정 구역을 통과해서 버스 안으로 들어가기 때문에 그림 4에서 볼 수 있듯이 횡적인 부분보다는 종적인 부분이 의미 있는 데이터로 사용된다. 그러므로 노이즈 제거를 위한 모폴로지 연산에서는 3×3 마스크로 침식연산을 수행하였고 종적 성분을 강화한 6×12 마스크로 팽창 연산을 수행하여 목 부분 등의 동일 객체의 분할을 복원하였다.

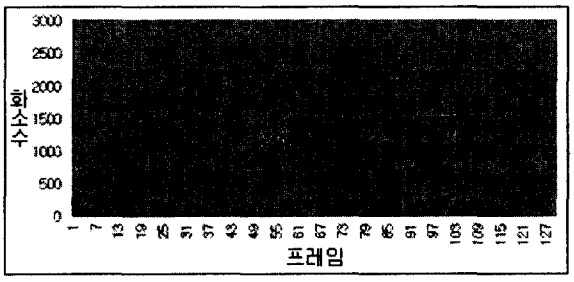

그림 5 세 명의 승객에 대한 계수 결과

그림 5는 세 명의 승객이 특정구역을 통과할 때 얻어진 실제 데이터로서 레이블링을 통해 얻어진 객체의 최대 픽셀수와 이를 이용하여 '1'과 '0'으로 이진화한 결과를 보여주고 있다. 그림에서 A 부분은 노이즈로 인하여 발생한 부분이다. 따라서 B와 같이 일정 시간 파형이 유지가 되었을 때 승객 한명이 승차한 것으로 계수 하여야 한다. 이를 위하여 이진화된 파형의 '1'이 5회 이상 연속으로 나타난 후 '0'이 4회 이상 유지된 경우에 대하여서만 승객 계수 조건으로 간주하였다.

3. 실험 결과

실험 영상으로는 실제 운행되는 버스에서 녹화된 영상중의 일정 시간을 추출하여 실험 데이터로 사용하였다. 실험 데이터에서 버스에 승차하는 승객은 자연광에서 75명과 일몰 후 승차한 50명이었으며 문이 열린 횟수는 47번 이였다

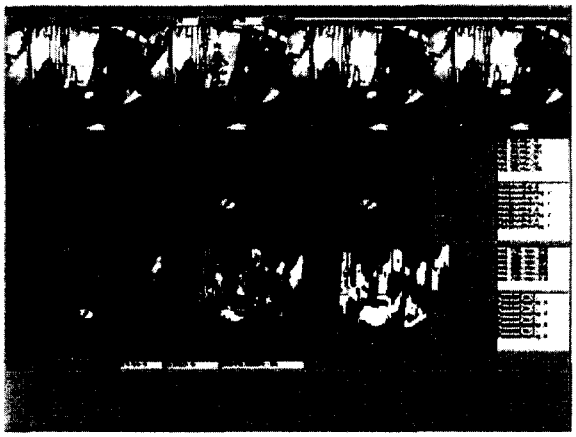

그림 6 승객 계수에 사용한 프로그램 인터페이스

본 시스템은 실시간으로 승객을 계수하며 실험영상은 320×240 크기의 MPEG-1 형식으로 펜티엄 III 700 Mhz, 256Mbyte RAM, WIN-ME의 실험 환경에서 프로그램은 DELPHI 6.0으로 작성하였다.

표 1 자동 승객 계수 시스템 인식 결과

자연광	75	70	93.3%
일몰	50	47	94%
전체	125	117	93.6%

4. 실험 결과 분석 및 향후 과제

실험 환경이 도로를 계속 주행하는 버스에서 입력되는 영상이므로 짧은 프레임간에도 명암의 차이가 많이 발생한다. 또한, 승객의 움직임의 경우도 빠르고 느린 개인차가 존재하게 된다. 따라서, 차영상 기법의 효율적인 적용을 위하여는 강인한 배경 영상 검출 기법이 중요하다. 이에 본 논문에서는 강인한 배경 영상 추출 방법을 제안하였으며 이를 이용하여 만족할 만한 배경 영상을 얻을 수 있었다.

125명의 승객에 대해 실험을 한 결과 93.6%의 계수 성공률을 얻었다. 승객이 정상적으로 승차하는 경우에는 오류 없이 계수하는 결과를 보였으나, 승객이 특정 구역으로 정의한 부분에 계속해서 서 있는 경우에는 순간적인 명암 차이 등으로 인해 오류가 발생했다. 또한, 승객이 거의 겹쳐서 들어오는 경우에도 2차원 영상의 한계로 인해 오류가 발생하였으며, 어린 아이와 같이 키가 너무 작은 경우에도 인식 오류가 발생 하는 것을 볼 수 있었다.

이를 극복하기 위하여 승객이 아이를 업은 경우, 한명이 서 있고 그 뒤 공간으로 사람이 통과하는 경우와 같이 승객이 거의 겹쳐서 들어올 때의 오류를 개선하는 것이 앞으로의 연구 과제라 할 수 있다. 본 논문에서는 연산의 간략성을 위하여 특정 구역을 하나로 정했지만 두개를 잡았을 경우에는 하나인 경우보다 오류들을 더 줄일 수 있고, 좌→우, 우→좌 의 방향성까지도 검출이 가능할 것으로 기대한다.

본 논문에서 제안한 방법은 특정 구간에서 차량의 통행량 조사 또는 건물 등의 출입자 조사 등 계수를 필요로 하는 시스템에 활용될 수 있을 것이고 버스 운행관리 시스템과 결합되어 각 노선별 승객의 계수를 자동화 하여 자치 단체의 노선 정책에 활용될 기초 정보를 얻는데 사용될 수 있다.

5. 결론

사람이 비디오 테이프를 보면서 승객을 계수하던 방법을 컴퓨터 비젼의 차영상 분석이란 비교적 간단한 알고리즘으로 배경을 추출하고 움직임 검출을 통해 자동 계수 하는 방법을 제시하였다. 승객이 붙어 들어오는 경우 노이즈와 구분이 모호해져서 정확한 계수를 못하게 되는 단점도 발견되었지만, 정상적으로 승객이 지나가는 경우에 대해서는 만족할만한 결과를 얻을 수 있었다.

참고문헌

[1] 황선규, 이재호, 김형준, 김희율, "색상 정보를 이용한 실시간 얼굴 영역 트랙킹 방법", 제26회 한국정보과학회 추계학술발표회, 1999.10

[2] 김계영, 이은주, 최형일, "차영상 분석에 의한 동작 정보의 추출", 정보과학회 논문지, 제21권 제8호, pp.1480-1489, 1994.8

[3] 김규택, 김형철, 맹승렬, 조정완, "화소 정합 알고리즘을 이용한 이동추정", 정보과학회 논문지, 제21권 제 1호, pp.94-102, 1994.1

[4] 장대식, 김계영, 최형일, "모델에 기반한 이동물체의 추적", 정보과학회 논문지(B), 제23권 제12호, pp.1298-1308, 1996.12

[5] 김철기, 강이철, 차의영, "횡단보도 신호제어를 위한 보행자 추적", 한국멀티미디어학회, 1999

[6] 이재호, 장석환, 김희율, "라인 매칭 기법을 이용한 실시간 움직임 검출과 추적기법", 제13회 신호처리합동학술대회, 2000 9

[7] 이재호, 장석환, 김희율 "움직이는 카메라를 이용한 실시간 이동물체 검출 및 추적 기법", 제13회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵 발표 논문집, pp569-573, 2001.1