

# 얼굴인식을 통한 버스 노선 탑승 통계조사 시스템 설계

김용재, 박성연, 박찬영, 진민정, 지윤호, 주홍택  
계명대학교 컴퓨터공학과  
e-mail : dydwo666@gmail.com

## System Design for Bus Route Boarding Statistics Using Facial Recognition

Yong-jae Kim, Seong-yeon Park, Chan-yeong Pack, Min-jeong Jeon,  
Yun-ho Ji, Hong-taek Ju  
Dept of Computer Engineering, Kei-myong University

### 요 약

현재 버스 노선을 조사할 때 사용하는 방법은 특정 날짜에 조사원이 직접 버스에 탑승하여 조사하는 방법을 쓴다. 이 방법을 개선하고자 버스 출입구에 카메라를 설치하여 탑승자의 얼굴을 인식하고 인식한 얼굴들을 매칭 하는 방법으로 통계조사를 한다. 이러한 방법을 통해 버스 노선을 조사할 때 드는 비용과 시간을 절약하여 효율적으로 사용한다.

### 1장. 서론

최근 대구에 지하철 3호선이 새로 생기면서 기존의 버스 노선과 지하철 노선의 중복을 방지하기 위해 버스 노선 개편을 실행했다. 노선 개편은 조사원이 특정 날짜를 정해 하루 또는 며칠 동안 버스 안에서 버스에 탑승하는 승객들을 수작업으로 측정하는 방법을 사용한다.<sup>[1]</sup> 버스 노선 개편은 탑승자 통계조사를 바탕으로 이루어진다.<sup>[2,3]</sup>

이 방법은 비용이 많이 들며 시간적인 측면에서도 비효율적이며 정확한 버스 이용자 통계를 도출하는데 한계가 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 얼굴인식 기술을 적용하여 정확한 버스 노선 탑승자 통계를 조사하는 효율적인 방법을 제시한다.

본 논문의 2장에서는 개발할 때 필요한 개발도구와 얼굴인식 기반 버스 노선 탑승자 통계조사 시스템의 요구사항을 간략히 서술한다. 3장에는 카메라와 아두이노 적외선 센서, GPS를 이용한 구조 설계서를 서술하며 4장에서 결론을 맺도록 한다.

### 2장. 요구사항

<표 1>은 시스템의 요구사항을 보여주고 있다. 버스 탑승자의 얼굴을 인식하기 위해서 먼저 버스 안에 카메라를 앞, 뒷문이 보이는 곳에 설치한다. 설치된 카메라와 Wi-Fi를 연결하여 탑승자의 얼굴사진들의 정보와 GPS로 검출된 시간과 장소의 정보를 DB에 전송되어 저장한다.

승객들이 버스에 탑승할 때 카메라를 통해 찍힌 얼굴 사진들과 하차할 때 찍힌 얼굴 사진들, 탑승자의 사진이 찍혔을 때의 장소와 시간을 DB에 저장한다. 승하차 시에

찍힌 사진들을 비교하여 사진 매칭율이 80%가 넘을 경우 같은 승객으로 취급한다.

버스에 탑승한 승객들의 얼굴 사진을 비교하여 매칭율이 80% 이상이 되어 같은 승객으로 취급된 사진들은 시간과 장소에 대한 정보만 남긴다. 매칭이 완료된 사진은 삭제하여 초상권 문제의 발생을 예방한다.

카메라는 버스가 운행되는 시간에는 항상 작동해야 하며 카메라 표면에 이물질이 끼어 얼굴을 인식하지 못하는 상황이 발생하지 않도록 관리를 한다.

승차할 때만 혹은 하차할 때만 카메라가 승객의 얼굴을 인식하여 DB에 저장하는 경우, 아직 하차하지 않은 승객이 있는 경우, DB에 저장된 사진들의 매칭율이 80% 이하여서 DB에 남아있는 사진이 삭제되지 못하는 경우가 발생할 수 있다. 이럴 경우에는 운행이 종료될 때 남아있는 정보들을 삭제한다.

아두이노 적외선 센서를 버스 출입구에 설치하고 승차하는 승객을 카운트하고 카메라로 찍은 사진 매칭 횟수와 비교하여 탑승자의 인원오차를 줄인다.

카메라와 아두이노 적외선 센서를 설치할 때에는 승객의 이동에 방해가 되지 않도록 한다. 카메라는 얼굴의 인식율이 높은 적절한 장소에 설치하고 적외선 센서는 버스 출입구의 문 가장자리 양옆에 설치한다.

<표 1> 요구사항 총괄표

분류 기준	분류 내용
시스템 요구사항	wi-fi에 네트워크 카메라를 연결하여 승객의 사진을 저장하고 GPS를 이용하여 시간

	과 장소를 DB에 기록 한다.
기능 요구사항	승, 하차 시 카메라에 찍힌 영상에서 얼굴만 추출하여 매칭하고 카메라에 영상이 찍혔을 때의 시간과 장소를 저장하며 적외선 센서로 카운트 한다.
성능 요구사항	승객의 승, 하차 시에 2초 이내에 사진을 찍어야한다. 사진을 찍었을 때 얼굴의 80%이상을 검출되어 매칭 할 때 오차율이 10% 이내가 되도록 설정하고 적외선 센서의 카운트 오차율도 10% 이내가 되도록 하고, GPS 보고 주기율에 따른 승, 하차 시 GPS 정보가 오차가 최소한이 되도록 한다.
품질 요구사항	네트워크 카메라가 버스운용시간에는 항상 작동해야 하고 화면에 결함이 생기지 않도록 한다.
인터페이스 요구사항	승객의 정보(시간과 장소)가 있는 데이터베이스에 관리자가 목록별로 관리 할 수 있도록 인터페이스를 작성 한다.
프로젝트 관리 요구사항	매주 나오는 프로젝트 설계를 작성하며 각각의 조원에게 일감을 나누어 주고 일감을 수행하여 보고 한다.
테스트 요구사항	승객의 얼굴 정보를 정확하게 찍기 위한 카메라 위치 확보와 카메라의 화질을 테스트하고 장소와 시간의 정확도를 테스트와 Wi-Fi와 카메라 전원 연결이 원활하게 이루어지는지 테스트 한다.
데이터 요구사항	승객이 승, 하차 시의 사진, 시간, 장소를 데이터베이스에 저장 한다.
보안 요구사항	초상권에 대한 문제가 되지 않도록 필요하지 않은 승객의 사진 정보를 삭제 한다.
제약 사항	버스 내에 카메라를 달 수 있도록 하고 사람들의 동선에 방해가 되지 않는 곳에 배치 한다.

### 3장. 버스 탑승자 통계조사 시스템 설계

전체 시스템은 버스에 설치된 카메라, 위치 정보 검출을 위한 GPS 모듈, 버스에 설치된 센서와 버스에서 수집된 정보를 처리하는 아두이노 모듈, 중앙에서 수집된 정보의 통계처리를 위한 서버로 구성된다. <그림 1>은 시스템의 구성도를 보여주고 있다.

#### 3.1 카메라 모듈(Camera Module)

WDR (Wide Dynamic Range) 역광보정 기능을 사용하여 밝은 영역에서의 고속도 서터와 어두운 영역에서의 저속도 서터를 하나로 모아 형상화시킴으로써 역광의 문제점을 해결하여 선명한 영상을 구현할 수 있도록 하고 face detection algorithm을 이용하여 얼굴 추출한다. 이 algorithm은 비싼 생체정보 입력장치가 필요하지 않고 이용자들이 거부감 없이 자연스럽게 직관적으로 보이게 할

수 있으며 탑승자로 하여금 자신이 인식되고 있다는 사실을 눈치 채지 못하게 할 수 있다. on-line 상태에서 실시간으로 적용 가능한 알고리즘이며 얼굴인식을 한 뒤, PoE를 사용하여 인터넷 케이블 하나에 데이터와 전원을 동시에 보내는 기술을 적용한다.<sup>[4]</sup>

#### 3.2 GPS 모듈(Global Positioning System Module)

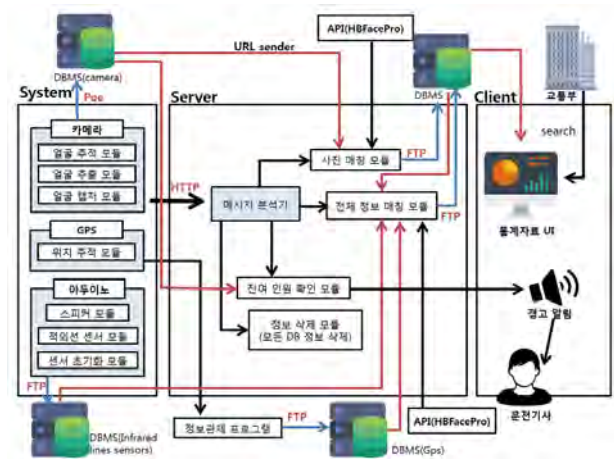
서버와 데이터 연결이 성립되는 조건에서 GPS 시작 속도를 향상시키고, TTFF를 줄이기 위한 위성 기반 위치 획득 체계인 A-GPS(Assisted GPS)를 사용한다. TTFF (Time to First Fix)는 GPS 수신기로 위치 파악에 걸리는 실제시간이다.

#### 3.3 아두이노 모듈(Arduino Module)

WPS-SMVN 초소형 빔센서를 이용해 문을 사람이 통과할 때 투광기를 빔을 송출하고 수광기에서 수신하여 물체가 지나갈 때의 Vout값에 따라 Count를 한다.

#### 3.4 서버(Server)

Luxand Face SDK algorithm을 사용한다. 카메라를 이용해 검출된 얼굴 사진의 이미지를 로드한 후 검출된 이미지로부터 얼굴 사진의 정보를 얻어온다. 그리고 사진들을 비교하여 유사도를 비교하여 유사도가 높은 사진들을 매칭한다.



<그림 1> 전체 모듈 시스템 구성도

#### 3.5 시스템 환경

이 시스템 환경은 Window 7 이상에서 작동하며 카메라의 성능 향상을 위한 촬영 소자를 쓰고 있다. OS와의 호환성이 떨어지는 경우를 대비해 ONVIF 프로토콜을 적용하며 사진 확장자는 JPEG를 사용한다. GPS 장소별 오차 범위를 줄이기 위해 WCDMA 네트워크를 사용하고 GPS 시작속도를 향상시키기 위해 A-GPS, S-GPS 솔루션을 사용한다. 아두이노의 초소형 빛 센서를 이용해 사람이 센서에 닿을 때 Count 되도록 사용하며 Wi-Fi 실드를 이용

해 아두이노 센서와 Wi-Fi를 연결한다.

데이터베이스는 Oracle에서 무료로 배포하는 SQL developer을 사용하여 보다 쉽게 작업을 할 수 있도록 한다. <표 2>는 시스템 환경을 각 모듈의 상세 규격으로 제시하고 있다.

<표 2> 시스템 환경

구분	세부내용
OS	Window 7 이상
카메라 (KB-ND411-TRP)	촬영소자 : 1/3형 메가픽셀, 프로그레시브 스캔, CMOS 호환성 : ONVIF 사진 확장자 : JPEG
GPS (AT-PACK)	네트워크 : WCDMA (광대역 코드 분할 다중 접속 ) GPS 솔루션 : S-GPS/A-GPS
아두이노 (Uno R3)	초소형 빛 센서 : 거리(0 ~ 1.5m) 와이파이 실드 : 와이파이 연결
Database	SQL Developer

**4장. 결론**

본 논문에서는 현재 시행되는 비효율적인 노선 개편 방법 대신 얼굴인식을 통한 탑승자의 버스 승하차 정보를 종합해 효율적인 방법을 제시한다. 카메라를 통한 얼굴인식과 GPS를 사용하여 시간별, 노선별 유동인구를 보다 정확히 계산하고 적외선 센서를 이용해 오차를 줄이는 방법을 사용한다.

하지만 카메라가 탑승자의 얼굴부분을 정확히 인식해야 하고 승객의 버스 승하차 시 찍힌 얼굴사진들의 매칭율이 높아야 하는 한계점이 있다.

\* 본 논문은 교육부와 한국연구재단의 대학특성화사업(CK-1)의 지원을 받아 수행된 연구 결과입니다.

**참고문헌**

[1] 황정훈, 김갑수, 전종훈 “대구시 대중교통체계 개편에 따른 이용자 통행패턴 및 시내버스 서비스 만족도 분석” 한국과학기술정보연구원(KISTI), <大韓交通學會誌 = Journal of Korean Society of Transportation (대한교통학회)> 24권7호 (2006), pp.53-62

[2] 정하옥 “시내버스 운영체계 개선방안 - 광주광역시를 중심으로 -” 전남대학교 지역개발연구소, <지역개발연구> 42권 2호. 2010 pp.55-69

[3] Park, Byung Ho, Kim Seong-Lyong “Analysis on the Operating Conditions after Daejeon Bus Route Reform” 충북대학교 산업과학기술연구소, <산업과학기술연구 논문집> 23권 2호. 2009 pp.147-155

[4] Seong-Hoon Kim, Gi-Tae Han “A Facial Feature Area Extraction Method for Improving Face Recognition Rate in Camera Image” 한국정보처리학회, <정보처리학회논문지. 소프트웨어 및 데이터 공학> 5권 5호. 2016 pp.251-260