

## 영상기반 도시철도 모니터링 시스템 구축방안 연구

안태기

한국철도기술연구원

### The Architecture of the Vision-based Monitoring system for Urban Transit Visual

Tae-ki, An

Korea Railroad Research Institute

**Abstract** - The CCTV, closed circuit television, system is the most popular method to monitor some specific area. The CCTV-based monitoring system is composed of a lot of cameras installed the areas, and monitors to display the vision through the cameras. However, these systems have limitations to prevent some problems or to cope with the problems promptly, because they can carry out only the function that shows us the analogue images of the cameras. Especially, urban transit service area is the space where many people crowd in all at the same time and the space is not only wide but also distributed sporadically. This paper presents the efficient plan for video-based monitoring system to monitor urban transit service area. To build the efficient monitoring system, it is necessary to devide the monitoring area to appropriate sectors that should be composed to be displayed at a time. If the proposed method is used to construct the video-based monitoring system, the operating officers in the urban transit have the more direct and real images.

#### 1. 서 론

일정한 영역을 감시하기 위하여 일반적으로 사용되고 있는 방식은 CCTV(Closed Circuit Television)를 사용한 감시시스템이다. CCTV 방식은 아날로그 카메라를 통하여 영상을 수집하고, 수집된 영상을 전송설비를 거쳐 필요한 곳의 모니터에 표시될 수 있도록 구성되어 있다. 기존의 CCTV 방식은 구성이 비교적 간단하고 가격이 저렴한 장점이 있지만 영상을 가공하여 다른 필요한 정보를 추출하기가 힘들다. 현재 영상기술은 대부분 디지털 기술을 이용하여 영상을 디지털화하고 디지털화된 영상에서 필요한 정보를 추출하여 다양한 분야에 적용하고 있다. Liang Wang 등은 컴퓨터 비전을 기반으로 한 인간 움직임 분석에 대한 연구 분야를 검지(detection), 추적(tracking), 행위 인식(behavior understanding)의 세 분야로 정리하여 설명하고 있다[1]. Gu Xu 등은 영상이 미지 내에서 포함하고 있는 의미를 분석하기 위하여 HMM(Hidden Markov Model)에 기반한 프레임워크를 제안하고 있다[2].

도시철도는 짧은 시간동안 많은 사람을 수송하는 대형 교통 시스템으로 언제든지 대형 사고가 날 수 있는 공간이다. 도시철도 서비스 공간 내에서 승객들의 안전을 확보하기 위해서는 철저한 사고예방이 중요하며, 사고 발생시에도 운영자 및 승객들이 신속하게 대처할 수 있도록 적절한 시스템의 구성이 필요하다. 이러한 목적을 달성하기 위하여 가장 기본적인 설비가 현재 상황을 보는 사람이 공유할 수 있도록 하는 감시시스템이다. 현재 도시철도에도 기존의 CCTV 방식의 감시시스템에 의존하

고 있는 곳이 많지만 점차 새로운 첨단 영상기술의 도입이 불가피하게 될 것이다. 도시철도의 서비스 공간이 넓고 산발적으로 분포되어 있으며, 또한 이런 각각의 공간들은 상호 연관성을 가지고 있으며, 특히 대부분의 공간들이 지하로 구성되어 있으므로 도시철도의 특징에 적절한 시스템의 도입이 중요하다.

본 논문에서는 먼저 현재 수행되고 있는 영상기반의 기술들에 대한 연구방향을 살펴보고, 이러한 기술들을 이용하여 도시철도 서비스 공간의 감시를 위한 효율적인 영상기반 모니터링 시스템 구축 방안을 제안한다. 도시철도를 위한 영상기반 모니터링 시스템을 구축하기 위해서는 먼저 적절한 구역을 구분하고, 한 구역 단위는 한꺼번에 디스플레이 할 수 있도록 구성한다. 제안된 방법으로 모니터링 시스템을 구축하는 경우 도시철도 운영자는 보다 적관적인 영상을 통하여 모니터링을 실시할 수 있을 것으로 기대된다. 도시철도 운영자는 사고 발생 시 구역별 전체 상황을 파악할 수 있어 사고발생 지역에만 국한하여 관찰하는 것이 아닌 전체 주변 상황을 종합적으로 판단할 수 있어 보다 신속하고 정확한 대처를 수행할 수 있을 것이다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 도시철도 영상기술 적용

도시철도 서비스 공간에서 존재하는 사람에 대하여 모니터링하는 것은 중요한 사항이므로, 승객 및 운영자를 포함한 인간의 동작에 대한 분석이 필요하다. 현재 사용되고 있는 CCTVs는 도시철도 서비스 공간 내의 상황을 단순히 순차적으로 모니터에 표시하고 모니터에 표시되고 있는 영상을 몇 사람의 운영자가 관찰함으로써 현재 상황을 모니터링한다. 그러나, CCTV를 사용하는 이러한 모니터링 방법은 운영자가 지속적으로 영상을 관찰하는데는 한계를 가지고 있으며, 순차적으로 영상이 바뀜으로 인하여 실제적으로 영상을 통하여 이벤트를 검지하는 것은 불가능하다. 감시카메라 시스템은 이미 상업적으로 많은 분야에 설치되고 있으며, 카메라 영상은 테이프에 기록되거나 저장장치에 저장된다. 그러나 이러한 영상정보는 실시간으로 관찰할 수 있음에도 불구하고, 사후처리 또는 확인용으로만 사용하고 있는 것이 현실이다. 카메라로부터 얻어진 영상정보를 실시간으로 분석하고 처리하여 운영자에게 현재 상황을 알려주고, 필요한 곳에 사용할 수 있도록 하기 위한 기술을 개발 중에 있다. 현재는 인간의 얼굴에 대한 추적기술 및 인식기술을 이용하여 신분확인을 위한 수단으로 도입을 시도하기도 한다[3]. 또한 영상정보 분석을 이용하여 교통흐름을 파악하고, 공공장소에서의 사람들의 혼잡도를 평가하는 등 다양한 분야에 접목을 시도하고 있다[4].

도시철도 공간은 앞에서도 설명한 바와 같이 많은 사람이 한꺼번에 몰리는 공공장소로서 승객의 안전을 확보하고 사고 발생시 신속한 대처를 위해서 관련 상황을 즉

각적으로 운영자가 알 수 있도록 하는 시스템의 구축이 필요하다. 이러한 목적을 달성하기 위해서는 영상시스템, 방송시스템 등 여러 가지 시스템을 복합적으로 사용하여야 한다. 특히 영상시스템은 현재 상황을 가장 직관적으로 파악할 수 있는 시스템으로 영상 분석 기술을 이용하면 도시철도의 다양한 분야에 적용 가능하다. 영상감지 기술을 이용하면 도시철도 서비스 공간 중 일반인이 들어갈 수 없는 통제구역 감시, 승강장의 추락 검지 시스템 등에 적용 가능하다. 영상감지기술은 배경과 사물 또는 사람을 분리하는 기술로서 영상기반의 분석에 기본적인 기술이다. 영상기반의 승강장 추락 검지 시스템을 구축하기 위해서는 배경에서 이러한 객체를 분리해 내는 기술을 이용해야 한다. 그에 따른 사용되는 일반적인 방법은 기준이 되는 배경과 현재 이미지와의 차이를 픽셀 단위로 계산함으로써 배경과 객체를 분리하고자 하였다. 그러나, 이러한 방법은 불빛의 변화 또는 다른 다양한 환경에 따라 배경이 변함으로 인하여 많은 에러를 발생시키는 단점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 Karmann 등은 날씨와 빛 등의 변화에 대응할 수 있도록 칼만 필터를 이용한 적응형 배경을 사용하기도 하였다 [5]. 영상기반의 승강장 추락 검지 시스템에 대한 연구는 도시철도에 적용하기 위하여 현재 기술개발 중에 있으며, 보다 정확한 검지를 위하여 다양한 센서와의 결합을 시도하고 있다 [6]. 영상 감지기술은 단순한 배경의 변화만을 감지하여 객체의 유무를 판단하는 기술을 넘어 이제는 객체를 정확하게 분류해 낼 수 있도록 하는 기술에 초점을 맞추어져 있다. 이 기술은 영상의 객체 추적 기술, 영상이 포함하고 있는 의미 추출 기술 등을 수행하기 위한 기본 기술이 된다. 객체의 분류 기술은 영상 내의 객체 중 관심 있는 객체를 분리해 내는 기술이며, 영상내의 객체가 사람인지 동물인지 또는 어떤 사물인지 를 판단할 수 있는 기술을 의미한다. 영상추적기술은 특정 객체의 이동 상황을 지속적으로 관찰할 수 있도록 해 준다. 사람에 대한 이전의 추적 기술은 사람 몸을 하나의 막대기나 선과 같은 형태의 모델로 표현하여 적용하였다. 그 후 모델기반이 아닌 영역기반의 추적기술을 이용하여 연결되는 영역의 이미지내의 객체를 추적함으로써 객체의 추적을 수행하였다. 또한 객체의 이동 경로를 추정하고 경로를 지속적으로 보정함으로써 객체의 추적을 실시하는 기술 또한 지속적으로 연구 중이다. 도시철도 서비스 공간 내에 이러한 기술을 적용하게 되면 다른 승객과는 다른 동선을 가지는 사람에 대한 추적을 통하여 여·성 상황 등에 대한 감시를 수행할 수 있게 될 것이다. 또한 평상시의 승객들의 동선을 파악함으로써 사고 시 안전 대피 경로의 확보를 위한 계획 수립시 중요한 정보를 제공할 수 있을 것이다. 보다 발달된 영상인식기술은 영상 내에 포함되어 있는 의미를 해석하는 기술이다. 영상 내에 포함되어 객체의 움직임을 분석하고 객체의 움직임 등에 대한 상태 변화를 파악함으로써 이벤트 기반의 감시시스템 등에 적용할 수 있다. 현재 영국 등의 선진국에서는 도시철도 등 공공장소에서의 객체의 움직임에 대한 의미 분석을 시도함으로써 테러범죄 예방 등에 이러한 영상기술의 적용을 시도하고 있다.

도시철도 분야에 다양한 영상기술을 적용하게 됨으로써 보다 안전하고 효율적인 모니터링 시스템을 구축할 수 있을 것이다.

## 2.2 기존 도시철도 영상설비

현재 대부분의 도시철도 운영기관에서 사용하고 있는 감시방법은 카메라와 모니터로 구성되어 있는 일반적인 영상감시 방법이다. 앞서 설명한 바와 같이 이러한 구성의 감시방법은 실시간의 감시보다는 거의 사후처리 또는 사후 확인용으로 사용할 수 밖에 없는 실정이다. 그림 1은 현재 도시철도 운영기관에서 사용하고 있는 화상 감시설비의 일반적인 구성도이다.

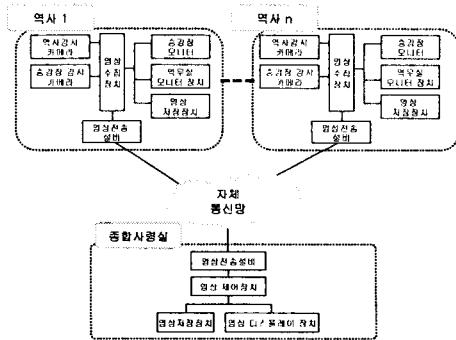


그림 1. 도시철도 영상 감시 설비 구성도

그림 1에서 보는 바와 같이 화상감시설비는 크게 영상 획득을 위한 카메라, 획득된 영상을 전송하기 위한 영상 전송설비, 종합사령실, 역무실, 승강장에 설치된 모니터 설비, 그리고 전송되는 영상을 저장하기 위한 저장장치 등으로 구성되어 있다. 도시철도 서비스 공간내의 현황을 감시하기 위하여 에스컬레이터, 대합실, 승강장 등 주요한 곳마다 카메라가 설치되어 있으며 역사마다 조금씩 차이는 있지만 카메라의 설치 개수는 점점 늘어가고 있다. 요즘은 화재 등을 감시하기 위한 열상카메라 등 특수용 카메라도 설치되고 있는 실정이다. 카메라의 개수가 늘어남에 따라 감시대상의 공간이 점점 넓어지고 다양해지고 있다. 카메라를 통해서 얻어진 영상데이터는 영상전송설비를 통하여 필요한 곳으로 전송된다. 영상전송설비는 카메라의 개수가 늘어남에 따라 처리용량과 전송용량이 증대되어야 한다. 또한 모든 영상을 종합사령실 등으로 전송하기에는 너무 많은 부하가 걸릴 수 있으므로 승강장 상황 등 중요한 영역에 대한 부분만 전송하고 있다. 한정된 전송용량 및 처리용량을 이용하여 효과적인 감시시스템을 구축할 수 있는 방안을 마련하여야 한다. 역무관리실 및 종합사령실에는 전송설비로부터 전송된 영상을 모니터로 직접 확인 할 수 있는 시스템과 저장할 수 있는 저장장치가 구축되어 있다. 종합사령실과 역무실에 설치된 모니터는 현재 상황을 모두 파악하기에는 부족하며 또한 역무실에 저장되어 있는 영상을 검색하는 데 많은 불편함을 가지고 있다. 한정된 인원으로 각 지역에 흩어져 있는 모든 역사 등 도시철도 주요 공간에 대한 모든 상황을 감시하는데는 한계를 가지고 있다. 종합사령실 및 역무실에 설치된 모니터도 현장의 상황을 직관적으로 관찰하기에는 한계가 있으며, 이러한 문제를 해결하기 위한 기술의 도입이 필요하다. 모니터의 크기는 현재 대형 멀티스크린 등을 도입하여 사용하고 있으나, 이러한 모니터와 전송되는 영상들에 대한 인터페이스 내용은 많은 개선이 이루어지지 않고 있는 실정이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 현재 방송시스템 등에서 연구하고 있는 파노라마 형태의 영상을 합성하는 합성기술의 도입도 적극적으로 고려할 만하다.

국내의 도시철도 운영기관에서 보유하고 있는 영상감시 설비는 현재의 사후처리식 감시개념을 탈피하고, 사전예방의 개념과 실시간 처리 개념을 도입하여 보다 적극적이고 효율적인 감시체계로 발전해 나가야 한다. 그러나, 현재의 영상기술을 현장에 적용하기 위해서는 많은 응용기술의 개발이 요구된다.

## 2.3 도시철도 영상 모니터링 시스템 구성방안

사전예방의 개념과 실시간 처리 개념을 만족할 수 있는 영상 감시 시스템을 구축하기 위해서는 영상처리 장치들을 이용한 영상분석 기술의 적용이 필요하다. 먼저 도시철도 환경에 적절한 영상기반의 모니터링 시스템을 구축하기 위해서는 감시하고자 하는 영역의 특성에 알맞

도록 구역(sector)을 나누어야 한다. 예를 들면 승강장의 영상을 하나의 구역으로 설정할 수 있다. 설정된 구역을 가장 직관적으로 관찰할 수 있도록 각 카메라를 배치하고, 또한 카메라 중 일부는 특정 영역에 대한 일부 상황을 판단할 수 있는 정보처리기(camera processor)를 구비하도록 한다. 설정된 구역을 직관적으로 관찰하기 위해서는 파노라마 영상을 합성해야 하며, 이러한 파노라마 영상을 합성하기 위해서는 많은 수의 카메라가 필요할 수도 있다. 카메라의 개수를 줄이기 위하여 다양한 방법의 영상 합성 기술을 도입할 필요가 있다. 방송기술에서는 이러한 영상 합성 기술에 대하여 많은 연구를 진행 중이다. 영상 전송 설비는 카메라의 개수가 늘어날수록 처리 용량과 전송 용량의 증대가 필요해진다. 한정된 전송 설비의 용량을 이용하여 효과적으로 전체 시스템을 구축하기 위해서는 구역별로 수집된 영상 정보를 처리할 수 있는 구역별 정보처리기(sector processor)가 필요하다. 구역별 정보처리기는 카메라 정보처리기와는 달리 현재 구역에 설치된 모든 영상과 카메라 정보처리기에서 전달되는 정보를 종합하여 현재 구역의 상황을 판단할 수 있으며, 영상을 가공하여 작은 전송 용량으로도 많은 영상 정보를 전송할 수 있도록 하는 역할을 수행한다. 디스플레이 장치는 마지막으로 운영자에게 영상 정보를 표시해주는 중요한 장치이다. 현재 사용하고 있는 디스플레이 장치는 카메라마다 수집된 영상을 단순히 순차적으로 표시해주는 역할을 수행하고 있으나, 이러한 방식은 직관적인 방법이 될 수 없다. 현재 대형 디스플레이에 대한 가격의 하락으로 인하여 디스플레이의 크기는 커지고 있으나 그에 따른 효과적인 디스플레이의 크기는 하고 있지 못하는 실정이다. 감시를 위한 가장 효율적인 디스플레이 방법은 전체 상황을 한 눈에 알아볼 수 있는 직관적인 디스플레이 방법이 가장 좋다. 구역별 정보처리기에서 가공된 영상은 이러한 디스플레이를 할 수 있도록 영상을 제공하여 종합 디스플레이 장치로 제공된다.

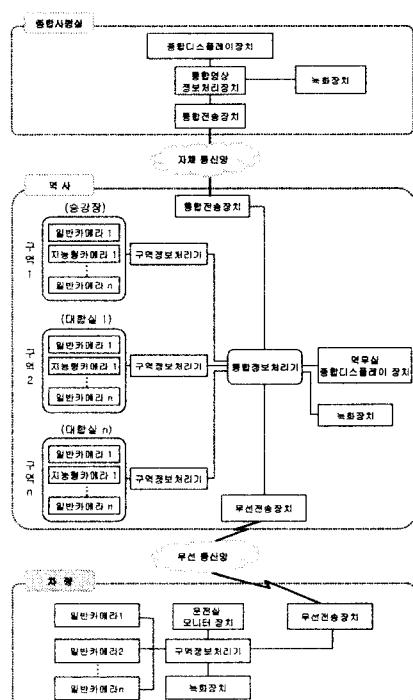


그림 2. 영상기반 도시철도 감시시스템 구성도

그림 2는 제안한 영상기반의 도시철도 모니터링 시스템

에 대한 구성도를 나타낸 것이다. 제안한 구성도의 특징은 첫째, 도시철도 서비스 공간을 구역으로 나누어 구역별로 독립적으로 감시 기능을 수행할 수 있도록 하고, 구역별 화면은 파노라마 형식의 화면으로 구성하여 운영자가 직관적으로 현재 상황과 주변 상황을 관찰할 수 있다. 이러한 시스템 구성 방법은 기존 시스템이 운영자가 현재 상황에 해당하는 화면만을 관찰하거나, 각각의 카메라를 통하여 입력되는 영상을 따로 따로 관찰함으로 인하여 종합적인 판단을 수행하는 데 혼란을 줄 수 있었던 사항을 해결할 수 있다. 시스템 구성 방법의 두 번째 특징은 카메라 정보처리기와 구역별 정보처리기 도입을 통하여 각 특징에 맞는 영상 분석 기술을 도입할 수 있도록 함으로써, 실시간으로 현재 상황을 판단하여 운영자에게 전달할 수 있는 시스템을 구현할 수 있다. 이러한 시스템을 사용함으로써 기존의 수동적인 감시체계에서 벗어나 능동적인 감시체계로 전환할 수 있을 것이다.

### 3. 결 론

본 논문에서는 도시철도의 효율적인 감시를 위한 영상 기반의 도시철도 모니터링 시스템의 구축방안에 대하여 제안하였다. 현재 활발하게 연구되고 있는 영상 기술들을 살펴보고, 이러한 영상 기술들이 도시철도에 적용될 수 있는 분야에 대하여 살펴보았다. 제안된 구축방안은 감시공간을 구역별로 나누고 구역별 정보처리기를 구축하도록 하였으며, 특정 영역에 설치된 카메라에 대해서는 카메라 정보 처리기를 구축하게 하여 특정 이벤트에 대한 효율적인 판단을 수행할 수 있는 기능을 추가할 수 있도록 하였다. 또한 구역별로는 한 눈에 모든 상황을 볼 수 있도록 파노라마 형태의 영상을 표시할 수 있는 영상 합성 기술을 접목할 수 있도록 하였다. 제안된 방법의 도시철도 영상기반 모니터링 시스템을 이용하여 감시시스템을 구축할 경우 운영자는 이벤트에 능동적이고 보다 직관적인 영상을 통하여 모니터링을 실시할 수 있어 사건 발생 시 구역별 전체 상황을 한 눈에 파악할 수 있어 사고발생 지역에만 국한하여 관찰하는 것이 아닌 전체 주변 상황을 종합적으로 판단할 수 있어 보다 신속하고 정확한 대처를 수행할 수 있을 것이다.

### 감사의 글

본 연구는 건설교통부 도시철도 표준화 2단계 연구 개발사업의 연구비지원(07도시철도 표준화 A01)에 의해 수행되었습니다.

### 【참고문헌】

- [1] Liang Wang, Weiming Hu, Tieniu Tan, "Recent developments in human motion analysis", Pattern Recognition, 36, pp. 585-601, 2003
- [2] Gu Xu, Yu-Fei Ma, Member, IEEE, Hong-Jiang Zhang, Fellow, IEEE, and Shi-Qiang Yang, Member, IEEE, "An HMM Based Framework for Video Semantic Analysis", IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO TECHNOLOGY, VOL. 15(11), 2005
- [3] B.Moghaddam, W.Wahid, A. Pentland, "Beyond eigenfaces:probabilistic matching for face recognition", Proceedings of the IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, pp. 30-35, 1998
- [4] B.A. Boghossian, S.A. Velastin, "Motion-based machine vision techniques for the management of large crowds", proceedings of the IEEE Sixth International Conference on Electronics, Circuits and Systems, 1999
- [5] K.P. Karmann, A. Brandt, "Moving object recognition using and adaptive background memory, in: V. Cappellini(Ed)", Time-Varying Image Processing and Moving Object Recognition, Vol. 2, 1990
- [6] "차세대전동차 사업총괄 및 종합시스템 엔지니어링 보고서", 한국철도기술연구원, 2006