

복수의 동체 추적을 위한 지능형 영상보안 시스템

김병철*
극동대학교 유비쿼터스IT학과*

An intelligent video security system for the tracking of multiple moving objects

Byung-chul Kim *
Dept. Ubiquitous IT, Far East University*

요 약 영상보안은 CCTV 카메라, 디지털 저장장치, 영상분석 및 인식기술 등의 발전과 시장 확대에 의하여 실시간 감시 시스템이나 지능형 영상보안 시스템 등의 보다 진화된 기술의 개발을 요구하고 있다.

CCTV 카메라 시스템에서 회전이 가능한 PTZ 카메라는 줌인 기능을 가지고 있으므로 물체에 대한 정밀한 영상을 획득할 수 있으나 사각 지대가 발생할 수 있으며 동시에 두 개 이상의 이동하는 물체에 대한 감시가 불가능한 단점을 가지고 있었다.

본 연구는 지능형 동체추적 CCTV 시스템 및 영상 감시 방법에 관한 것으로 전체 영역을 감시하는 하나의 고정 카메라와 두 개 이상의 PTZ 카메라를 사용하여 광범위 영역에서 동시에 이동하는 다수의 물체를 정밀하게 촬영할 수 있는 지능형 영상 보안 시스템을 제안한다.

주제어 : 영상보안, 감시카메라, CCTV 시스템, 지능형 동체추적, 복수의 동체추적

Abstract Due to the development and market expansion of image analysis and recognition technology, video security such as CCTV cameras and digital storage devices, are required for real-time monitoring systems and intelligent video security systems. This includes the development of more advanced technologies.

A rotatable PTZ camera, in a CCTV camera system, has a zoom function so you can acquire a precise picture. However it can cause blind spots, and can not monitor two or more moving objects at the same time.

This study concerns, the intelligent tracking of multiple moving objects, CCTV systems, and methods of video surveillance. An intelligent video surveillance system is proposed. It can accurately shoot broad areas and track multiple objects at the same time, much more effectively than using one fixed camera for an entire area or two or more PTZ cameras.

Key Words : Video Security, Surveillance Cameras, CCTV System, Intelligent Moving Object Tracking, Tracking of Several Moving Objects

Received 1 October 2013, Revised 20 October 2013

Accepted 20 October 2013

Corresponding Author: Byung-chul Kim(Far East University)

Email: bckim@ok.ac.kr

ISSN: 1738-1916

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

영상보안 기술은 2005년 미국 정부가 중점 투자할 4대 기술분야 중의 하나였으며[1], 높은 시장 잠재력과 성장 가능성이 예측되는 분야이다. 국내에서도 최근 들어 일련의 문화재에 대한 화재 및 강력범죄의 증가에 따른 감시/예방 차원에서 영상보안 기술의 적용확대를 추진하고 있다.

이와 함께 영상보안은 CCTV 카메라, 디지털 저장장치, 영상분석 및 인식기술 등의 발전과 시장 확대로 보다 진화된 기술의 개발을 요구하고 있다[2].

영상보안의 진화는 지능형 영상감시(visual surveillance), 생체인식(biometrics), CCTV/DVR 영상보안(CCTV/DVR surveillance) 기술[3] 등 각기 다른 배경과 응용분야로 발전되어 왔다. 지능형 영상보안[4] 기술은 초창기 군사적 응용을 위하여 목표물 검출 및 추적 등 영상분석 기술 위주로 발전되어 왔으며, 영상분석에서 요구되는 엄청난 계산을 위한 하드웨어적 제약이나 비용보다는 영상분석의 성능을 높이는 데 많은 노력을 기울여 왔다[2].

지능형 영상보안 시스템의 가장 기본적인 목표는 CCTV카메라를 통하여 획득된 영상정보를 실시간으로 분석하여 자동으로 목표물 또는 이동물체를 탐지, 추적, 식별, 행위분석 및 검색하여 관찰된 객체의 행위나 상호작용을 해석하는 것이다[4],[5].

최근 공공장소에서의 테러 감시 및 용의자 추적, 이동 경로 분석을 위한 지능화된 시스템에 대한 요구가 높아지는 추세에 있다. 현재 대부분의 보안/감시시스템은 사람에 의한 직접 감시가 가지는 피로감과 인력부족 등의 한계 때문에, 효과적인 감시를 위해 지능형 영상시스템으로의 전환이 요구되고 있다[6].

그러나 지능형 영상보안 시스템이 적용되기 위해서는 많은 환경과 상황별로 발생할 수 있는 다양한 문제점을 해결하여야 한다. 다양한 문제점을 해결하기 위해서는 상황별 문제점을 정확히 정의하고 이에 맞는 지능형 알고리즘을 적용함으로써 프로세서의 자원을 최대한으로 활용해야 한다.

기존의 지능형 영상보안 시스템에서는 주로 회전이 가능한 PTZ 카메라를 이용하여 동체를 추적하도록 하고 있으며 줌인 기능을 가지고 있으므로 물체에 대한 정밀한 영상을 획득할 수 있으나 사각 지대가 발생할 수 있으며 동시에 두 개 이상의 이동하는 물체에 대한 감시가 불

가능한 단점을 가지고 있었다.

이에 본 논문은 지능형 동체추적 CCTV 시스템 및 영상 감시 방법에 관한 방법으로써, 전체 영역을 감시하는 하나의 고정 카메라와 두 개 이상의 PTZ 카메라를 사용하여 광범위 영역에서 동시에 이동하는 다수의 물체를 정밀하게 촬영할 수 있는 지능형 영상 보안 시스템을 제안한다.

2. 관련 연구

2.1 지능형 감시카메라

지능형 감시 시스템은 입력되는 영상을 분석하여 움직이는 객체를 검출하고, 검출된 객체의 움직임에 따라 카메라를 자동으로 동작하게 하는 시스템을 말한다[6].



[Fig. 1] Intelligent Video Security System Applications

[Fig. 1]은 지능형 영상보안 시스템을 적용하는 대표적인 사례이다[7].

2.2 객체 검출 및 추적 기술

일반적인 지능형영상분석기술에는 객체검출기술과 객체추적기술로 나눌 수 있다. 객체 검출 기술에는 Point Detector, Segmentation, Background Modeling, Supervised Classifier등이 있고, 객체 추적 기술에는 Point Tracking, Kernel Tracking, Silhouette Tracking등이 있다[8]. <Table 1>에 객체 검출 방식에 관한 대표적인 적용 기술을 나타내었고, <Table 2>에 추적 방식에 관한 대표적인 적용 기술을 나타내었다[6].

<Table 1> The classification of the object detection system

Detection method	Typical application techniques
Point detectors	Moravec's detector [Moravec 1979]
	Harris detector [Harris and Stephens 1988]
	Scale Invariant Feature Transform [Lowe 2004]
	Affine Invariant Point Detector [Mikolajczyk and Schmid 2002]
Segmentation	Mean-shift [Comaniciu and Meer 1999]
	Graph-cut [Shi and Malik 2000]
	Active contours [Caselles et al. 1995]
Background Modeling	Mixture of Gaussians [Stauffer and Grimson 2000]
	Eigenbackground [Oliver et al. 2000]
	Wall flower [Toyama et al. 1999]
	Dynamic texture background [Monnet et al. 2003]
Supervised Classifiers	Support Vector Machines [Papageorgiou et al. 1998]
	Neural Networks [Rowley et al. 1998]
	Adaptive Boosting [Viola et al. 2003]

<Table 2> Classification of tracking system

Tracking system	Typical application techniques
Point Tracking	
Deterministic methods	MGE tracker [Salari and Sethi 1990]
	GOA tracker [Veenman et al. 2001]

Statistical methods	Kalman filter [Broida and Chellappa 1986]
	JPDFAF [Bar-Shalom and Foreman 1988]
	PMHT [Streit and Luginbuhl 1994]
Kernel Tracking	
Template and density based appearance models	Mean-shift [Comaniciu et al.2003]
	KLT [Shi and Tomasi 1994]
	Layering [Tao et al. 2002]
Multi-view appearance model	Eigenttracking [Black and Jepson 1998]
	SVM tracker [Avidan 2001]
Silhouette Tracking	
Control evolution	state space models [Isard and Blake 1998]
	Variational methods [Bertalmio et al. 2000]
	Heuristic methods [Ronfard 1994]
Matching shapes	Hausdorff [Huttenlocher et al. 1993]
	Hough transform [Sato and Aggarwal 2004]
	Histogram [Kang et al. 2004]

2.3 요구사항

지능형 감시카메라에서 해결해야 하는 요구사항중에서 외부 환경에 의한 것으로는 갑작스런 조명 변화, 유리에 비친 물체, 화재, 날씨 변화 등이 있다. 상황에 따른 요구사항으로는 승객 추락, 서성거림, 물건 방치, 물건 도난, 침입, 쓰레기 투기, 전광판 안내 표시와 광고 화면의 반복적인 변화 등이 있다.

외부 환경의 영향을 최소화 하기 위해서는 객체 검출 과정에서 적절한 알고리즘이 선택되어야 하며, 또한, 영상을 분석, 탐지, 식별하기 위해서는 적합한 추적기술이 적용되어야 한다. <Table 3>은 각종 요구사항에 대한 적용기술이다[6].

<Table 3> The Applied Technology for Requirements

Requirements	Applied Technology
Sudden changes in lighting	Point Tracking, Color, Gradient
Shadow	Color Information, Spatial information of the image
Reflected on the glass object	Spatial information of the image
Wave, Monitor flicker, Branches shake	Mixture of Gaussians, Virtual Masking

Fall	Human shape, Motion Information, Orientation Histogram
Fire	Color Information, Motion information
Weather	Scattering model, different degrees of polarization (DOP)
Internal and external vibration	Digital image stabilization
Passenger falls	Specific zoning, Motion Detection
Prowl	Tracking Trajectory
Leave things	Object Feature Tracking, Scene Change
Stolen goods	Object Feature Tracking, Scene Change
Invasion	Motion Detection
Garbage dump	Leave things, Blob Tracking
Match information displays	Specific areas Masking, Virtual Masking
Congestion	Blob Tracking

3. 복수의 동체 추적 시스템 설계

3.1 배경기술 및 해결 과제

침입 탐지를 위한 종래의 일반적인 CCTV 시스템은 감시 지역을 대상으로 동시 감시를 위해서 여러 대의 고정 카메라를 설치하거나 회전형 카메라를 설치하는 방법을 사용하였으나 고정 카메라로 정밀한 영상을 얻기 위해서는 많은 수의 카메라 설치가 필요하게 되고 회전형 카메라는 둘 이상의 이동체에 대한 동시 추적이 어려운 단점을 가지고 있었다.

종래의 고정 감시 카메라는 대부분 낮은 해상도로 인해 여러 대가 설치되어 있어도 물체의 정확한 식별이 어려웠고 이를 극복하기 위해서는 고가의 고해상도 카메라를 여러 대 설치해야 하므로 비용이 증가하는 문제를 가지고 있었다.

회전이 가능한 PTZ 카메라는 줌인 기능을 가지고 있으므로 물체에 대한 정밀한 영상을 획득할 수 있으나 사각 지대가 발생할 수 있으며 동시에 두 개 이상의 이동하는 물체에 대한 감시가 불가능한 단점을 가지고 있었다.

3.2 제안 시스템의 목표

본 연구는 지능형 동체추적 CCTV 시스템 및 영상 감시 방법에 관한 것으로 전체 영역을 감시하는 하나의 고정 카메라와 두 개 이상의 PTZ 카메라를 사용하여 광범

위 영역에서 동시에 이동하는 다수의 물체를 정밀하게 촬영할 수 있는 지능형 영상 보안 시스템을 목적으로 한다.

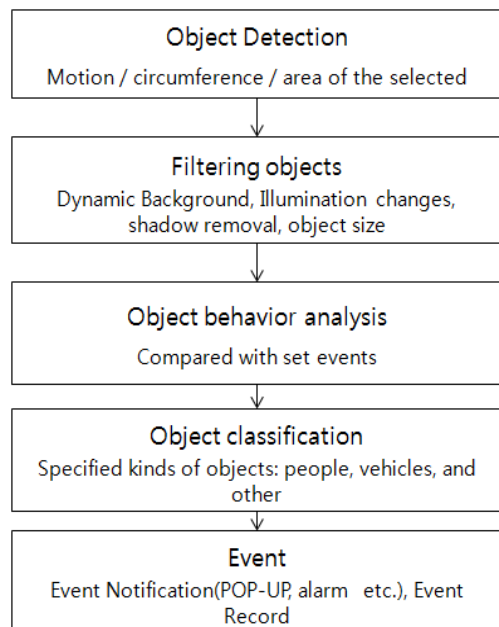
시스템은 광범위 영역을 촬영하는 하나의 고정 카메라와 동체 추적이 가능한 두 개 이상의 PTZ 서브 카메라로 구성된다. 고정 카메라에 의해 촬영된 영상을 분석하고 이동체의 위치를 파악하는 제어부를 포함하는 형태로 구성된다.

이와 같은 구성에 따라서 적은 비용으로 광범위 영역에 대한 감시가 가능하며 관심 영역에 대한 정밀한 영상을 획득할 수 있게 된다.

또한 지능형 시스템이므로 유비쿼터스 시스템과 융합하여 상황 인식 및 통보가 가능한 장점을 가질 수 있게 된다.

3.3 해결 방법

카메라 내의 지능형 객체 검출 및 추적 알고리즘은 지정지역 및 제한지역의 침입과 침입 후의 움직임 감지해야 한다. 제한 지역 침입 감지는 프레임 차영상 혹은 가우시안 혼합 모델 등을 이용하여 배경을 제거한 후 제한된 영역에 대한 움직임을 감지한다. 일반적인 처리 절차는 [Fig. 2]와 같다[6].

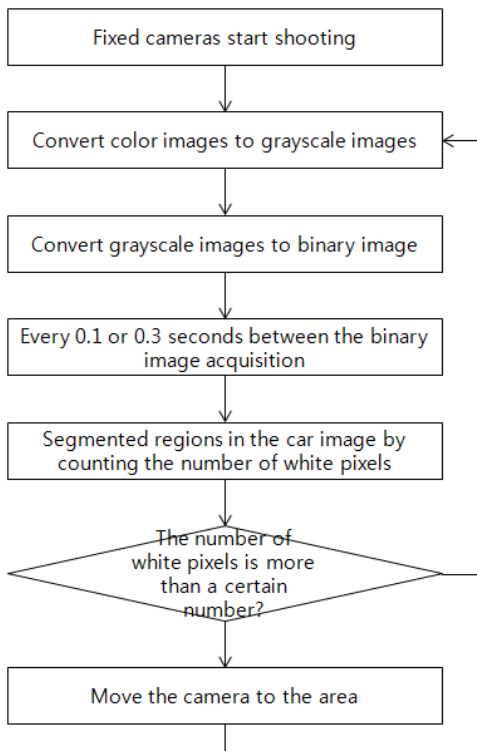


[Fig. 2] Surveillance camera operation scenarios

본 연구에서는 먼저 고정된 카메라를 이용하여 광범위 영역을 감시하도록 하며 카메라 전방에서 인체 또는 사물의 움직임이 감지될 경우 제어부에 통해 위치를 분석하여 PTZ 카메라가 탐지 위치로 이동하도록 하였다.

광범위 영역은 여러 개의 논리적 구역으로 분할(최소 3×3 이상)시켜 놓고, PTZ 카메라는 물체의 크기에 따라 줌인 또는 줌아웃 기능을 사용하여 정밀한 영상을 획득하게 되며 지속적인 추적을 하게 된다.

둘 이상의 움직임이 감지될 경우 다른 PTZ 카메라가 추적을 담당하게 되어 동시 추적이 가능한 장점을 가지게 된다. [Fig. 3]은 제안 시스템의 처리 절차도이다.



[Fig. 3] Processing procedures of the proposed system

4. 구현

4.1 구현 단계

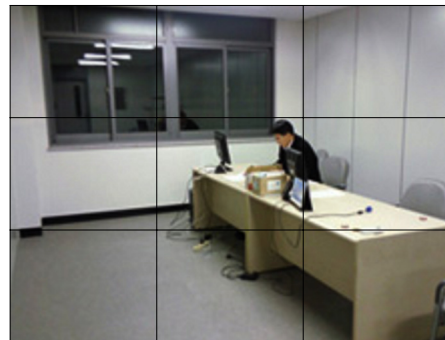
본 연구는 지능형 동체추적 CCTV 시스템 및 영상 감

시 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 하나의 고정 카메라부와 회전 가능한 두 개 이상의 PTZ 카메라부 외에 고정 카메라부에서 촬영한 영상 정보를 분석하고 PTZ 카메라부에 제어 신호를 전송하는 제어부를 포함하는 지능형 동체추적 CCTV 시스템 및 영상 감시 방법에 관한 것이다. 이를 위한 구현 절차로써 1단계는 ‘고정 카메라의 감시 영역 분할 및 초기화’, 2단계는 ‘컬러 영상을 그레이스케일 영상으로 변환’, 3단계는 ‘그레이스케일 영상을 이진 영상으로 변환’, 4단계는 ‘차영상 획득’, 5단계는 ‘각각의 동체 추적’의 프로세스로 구성하였다.

4.2 동체 추적 프로세스

4.2.1 고정 카메라의 감시 영역 분할 및 초기화

고정 카메라는 감시 영역을 고정된 상태에서 촬영하도록 설정한다. 감시 영역은 다수의 구역으로 분할할수록 높은 성능을 나타낼 수 있으나 본 연구에서는 3×3 개의 영역으로 구성하였다. [Fig. 4]는 촬영되는 전체영역을 논리적으로 세분하여 구분하는 것이다.



[Fig. 4] Fixed color video camera

즉, 한 개의 고정카메라는 전체 영역을 촬영하며 여기에서 동체의 발생과 그 위치(포함된 영역)를 인식하게 된다. 이렇게 동체를 인식하게 되면 복수로 구성된 서브카메라인 PTZ카메라를 순서대로 동체가 있는 영역으로 보내고, 동체의 크기를 고려하여 적당하게 확대/축소(Zoom-in, Zoom-out)시키도록 한다.

4.2.2 컬러 영상을 그레이스케일 영상으로 변환

고정카메라에 의한 촬영 영상[Fig. 5]을 그레이스케일

영상[Fig. 6]으로 변환한다.



[Fig. 5] Color images



[Fig. 6] Gray-scale image



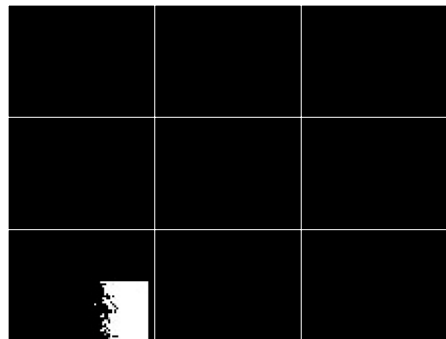
[Fig. 7] Binary image

4.2.3 그레이스케일 영상을 이진 영상으로 변환

그레이스케일 영상[Fig. 6]을 임의의 Threshold 에 의해 이진 영상[Fig. 7]으로 변환한다.

4.2.4 차영상 획득

감시 중에 고정 카메라의 이진영상을 일정한 시점(0.1 초~0.3초)마다 비교하여 차영상을 획득한다. 차영상은 영상의 변화가 없을 경우 검정 픽셀로 표현되며 변화가 있는 부분은 흰색 픽셀로 표현된다. 탐지된 영역으로 1번 PTZ카메라를 이동시킨다. 또 다른 부분에서 영상의 변화가 있을 경우 2번 PTZ카메라를 탐지된 지점으로 이동시킨다. 각각의 카메라는 탐지된 영역을 계속 추적하게 된다.



[Fig. 8] The moving object detection of one



[Fig. 9] the moving object detection of two

4.2.5 각각의 동체 추적

위와 같은 처리는 고정카메라인 메인카메라에서 처리하는 것으로써 동체의 발생과 그 위치(포함된 영역)를 인식하게 되는 과정이다. 메인카메라에 의한 복수의 동체 인식 후에는 서브카메라를 통제하는 단계로 넘어 간다. 서브카메라는 두 개 이상의 고성능 PTZ카메라로 구성하고, 새로운 동체가 발생하였을 경우 어느 서브카메라에

게 추적을 할당하는가에 관한 스케줄링이 중요한 요소가 된다. 여기에서 서브카메라가 할당된 이후 동체를 추적하는 것은 서브 카메라의 역할이다. 또한 동체의 크기를 고려하여 적당하게 확대/축소(Zoom-in, Zoom-out)시키는 알고리즘도 중요하다.

5. 결론 및 제언

지능형 영상보안 시스템의 가장 기본적인 목표는 CCTV카메라를 통하여 획득된 영상정보를 실시간으로 분석하여 자동으로 목표물 또는 이동물체를 탐지, 추적, 식별, 행위분석 및 검색하여 관찰된 객체의 행위나 상호작용을 해석하는 것이다.

이러한 지능형 영상보안 기술은 CCTV/DVR 등 기존 영상보안 시장의 가장 커다란 성장동력임에는 어느 누구도 부인할 수 없을 것이다. 그러나, 지능형 영상보안 기술은 성장속도가 빠르기는 하지만 시장의 요구에 비하여 아직 절대적인 점유율은 낮은 편이다. 또한 다양하고 화려한 기술들이 존재하고 있음에도 불구하고 사용자가 예상하는 것과 이들 시스템의 성능에는 커다란 차이가 존재한다. 첫번째 문제는 인식성능에 대한 기술적 완성도의 문제일 것이다. 영상인식은 아직도 해결해야 할 많은 기술적 문제들을 안고 있으며, 특히 기상 변화, 그림자 등 조명의 변화에 따른 오인식 문제가 수시로 발생하고 있다. 둘째는 기존의 영상분석을 위하여 요구되는 엄청난 계산량은 높은 성능의 하드웨어를 요구하고 있다는 것이다[2].

일반적인 지능형영상분석기술에는 객체검출기술과 객체추적기술로 나눌 수 있다. 객체 검출 기술에는 Point Detector, Segmentation, Background Modeling, Supervised Classifier등이 있고, 객체 추적 기술에는 Point Tracking, Kernel Tracking, Silhouette Tracking등이 있다.

침입 탐지를 위한 종래의 일반적인 CCTV 시스템은 감시 지역을 대상으로 동시 감시를 위해서 여러 대의 고정 카메라를 설치하거나 회전형 카메라를 설치하는 방법을 사용하였으나 고정 카메라로 정밀한 영상을 얻기 위해서는 많은 수의 카메라 설치가 필요하게 되고 회전형 카메라는 둘 이상의 이동체에 대한 동시 추적이 어려운 단점을 가지고 있었다.

본 연구는 지능형 동체추적 CCTV 시스템 및 영상 감시 방법에 관한 것으로 전체 영역을 감시하는 하나의 고정 카메라와 두 개 이상의 PTZ 카메라를 사용하여 광범위 영역에서 동시에 이동하는 다수의 물체를 정밀하게 촬영할 수 있는 지능형 영상 보안 시스템의 구현을 목표로 하였다.

세부 처리 절차는 먼저 고정된 카메라를 이용하여 광범위 영역을 감시하도록 하며 카메라 전방에서 인체 또는 사물의 움직임이 감지될 경우 제어부에 통해 위치를 분석하여 PTZ 카메라가 탐지 위치로 이동하도록 하였다.

광범위 영역은 여러 개의 논리적 구역으로 분할(최소 3×3 이상)시켜 놓고, PTZ 카메라는 물체의 크기에 따라 줌인 또는 줌아웃 기능을 사용하여 정밀한 영상을 획득하게 되며 지속적인 추적을 하게 된다.

둘 이상의 움직임이 감지될 경우 다른 PTZ 카메라가 추적을 담당하게 되어 동시 추적이 가능한 장점을 가지게 된다.

고정 카메라에서 실시간으로 촬영중인 영상을 제어부에서 분석하여 이동체가 감지되었을 경우 이동체의 위치를 PTZ 카메라에 전송하여 회전하도록 함으로서 지속적인 동체 추적이 가능할 뿐만 아니라, 2개 이상의 이동체에 대한 동시 추적이 가능하여 높은 화질의 감시 영상을 획득할 수 있는 지능형 영상 감시 시스템을 구현하였다.

구현된 시스템은 전체 감시 영역을 촬영하는 고정 카메라부와 상기 카메라부에서 촬영한 영상 자료를 분석하여 동체의 위치를 파악하는 제어부, 그리고 상기 제어부에서 전송하는 동체 위치에 따라 회전하는 두 개 이상의 회전 카메라부를 포함한다.

이 연구는 복수의 동체 추적 및 상세 영상 확보 측면에서는 우수하지만, 수집된 영상을 서버로 전송 받아 서버에서 분석하여 다시 카메라로 제어 신호를 보내는 방식으로 구현되므로, 카메라 자체에서 처리하는 것이 비해 처리 시간이 길어지고 비용이 많이 든다는 단점을 가지고 있다. 따라서 향후 연구에서는 프로세스가 카메라 자체에서 수행될 수 있는 구조로 추가 연구를 진행하고자 한다.

REFERENCES

- [1] NSRI, The U.S. government in 2005 to focus on four kinds of research and development investment, Security Radar, 5, 17, 2005
- [2] J.H. Yoo, K.Y. Moon, H.S. Cho, Trends in Intelligent Video Surveillance, Trend analysis of electronic communication, 23, 4, 2008
- [3] H. Kruegle, CCTV Surveillance: Analog and Digital Video Practices and Technology, Elsevier, 2007.
- [4] M. Valera and S.A. Velastine, A Review of the State-of-art in Distributed Surveillance Systems, Intelligent Distributed Video Surveillance Systems, S.A. Velastin and P. Remagnino, Eds., IEE, UK, pp.1-30, 2006
- [5] A. Hampapur et al., Smart Video Surveillance, IEEE Signal Processing Magazine, Mar, pp. 38-51. 2005
- [6] G. M. Park., I. S. Jang, Comprehensive monitoring system for intelligent smart camera technology, Korea Multimedia Society 14, 3, 2010
- [7] J. H. Yoo, Intelligent video surveillance and human-recognition technology, Meeting for new biometric technology standard for mobile convergence, 2012
- [8] Yilmaz, A., Javed, O., and Shah, M., Object tracking: A survey, ACM Computing Surveys, 38, 4, Article 13, pp. 45, 2006

김 병 철(Kim, Byung Chul)



- 2005년 8월 : 충북대학교 전자계산학과(이학박사)
- 2008년 3월 ~ 현재 : 극동대학교 유비쿼터스IT학과 겸임교수
- 관심분야 : 영상처리, 정보보안, 융합기술, 유비쿼터스, 모바일 시스템
- E-Mail : bckim@ok.ac.kr