

지능형CCTV시스템 성능평가를 위한 영상DB와 영상 주석도구 개발

박장식* · 이승재**

Development of Video Data-base and a Video Annotation Tool
for Evaluation of Smart CCTV System

Jang-Sik Park* · Seung-Jai Yi**

요 약

지능형CCTV시스템 성능평가를 위한 영상취득 및 영상DB 구축 그리고 평가방안을 제시한다. 영상취득은 각 시나리오에 대하여 원거리, 중거리, 근거리 영역을 설정하여 취득하였다. 영상DB에는 영상녹화정보, 검출 영역, 실측정보를 XML형식으로 기록한다. 본 논문에서는 영상DB 제작을 위한 효율적인 실측정보 기록을 위한 영상 주석도구를 제안한다. 영상 주석도구는 특정 영상에 대하여 실측정보를 기록하고 지능형CCTV시스템의 출력정보와 비교하여 검출 성능을 평가하는 기능을 포함한다.

ABSTRACT

In this paper, an evaluation of intelligent CCTV system is proposed with recording and implementation video and video DB. Videos for evaluation are recorded by dividing far, mid and near zone. Video DB has video recording information, detection area, and ground truth in XML format. A video annotation tool is proposed to make ground truth effectively in this paper. A video annotation tool writes ground truths of videos and includes evaluation comparing system alarms with ground truths.

키워드

Smart CCTV, Video Database, Video Annotation Tool
지능형CCTV, 영상DB, 영상 주석도구

1. 서 론

CCTV관제시스템(CCTV Surveillance System)은 시설관리 및 재난 대응, 방법, 교통관리 등의 목적으로 다양한 분야에 적용되고 있다[1-2]. 공공기관을 중심으로 설치된 CCTV카메라는 2013년 기준으로 약 65,000여대이며 지속적으로 증가하고 있다. CCTV카

메라가 증가함에 따라서 한정된 공간에서 관제사가 감시해야 하는 영상은 많아지고 있다. 일반적으로 1명의 관제사가 감시하는데 적절한 카메라는 약 20~50대까지 이다. 그리고, 관제사가 관제하는데 있어 12분이 지나면 약 45% 정도 감시능력이 떨어지고 22분이 지나면 약 95% 정도 감소한다. 따라서, 효율적인 CCTV관제시스템의 운영을 위해서는 영상이해 및 인

* 교신저자(corresponding author) : 경성대학교 전자공학과(jsipark@ks.ac.kr)

** 한국인터넷진흥원 정보보호본부(king7@kisa.or.kr)

접수일자 : 2014. 05. 29

심사(수정)일자 : 2014. 06. 23

게재확정일자 : 2014. 07. 11

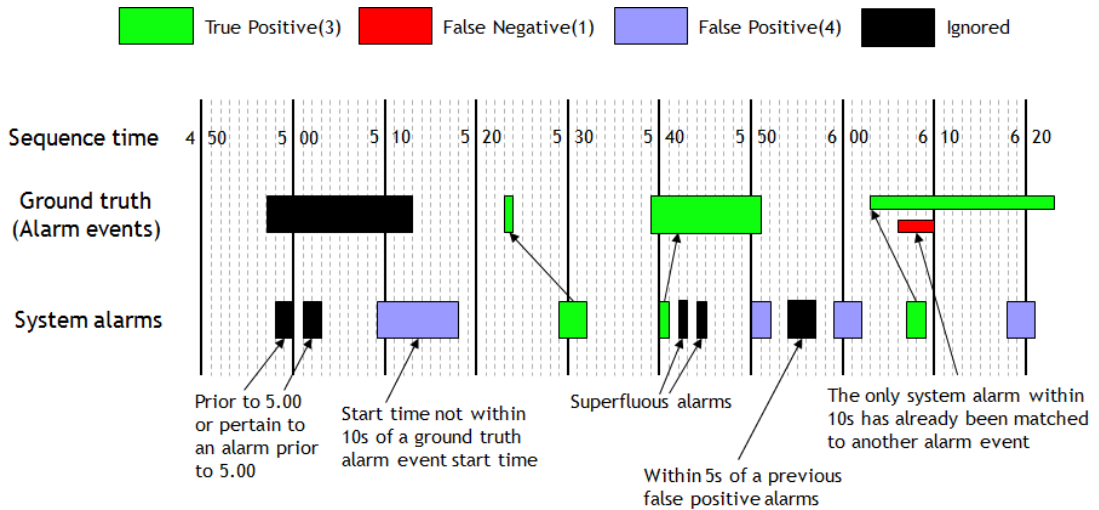


그림 1. i-LIDS의 평가 방법
Fig. 1 Evaluation of i-LIDS

식기술을 기반으로 하는 지능형 CCTV시스템의 도입이 필요하다.

지능형CCTV시스템(Smart CCTV System)은 객체 검출(object detection), 추적(tracking), 상황인식(event detection) 등의 복합적인 영상처리기술(video processing)이 요구된다. 객체 검출은 주로 보행자 또는 차량 검출 기법이 필요하고 상황에 따라서 화염 또는 연기 검출 기법이 요구된다.

객체 검출을 위해서는 객체의 특징점(feature)의 선택이 필요하며, 주로 사용되고 있는 특징점은 Haar-like 특징, HoG(Histogram of Gradient) 그리고 LBP(local binary pattern) 등을 활용한다. 객체 검출 알고리즘으로는 Adaboost 알고리즘, SVM(support vector machine) 그리고, Random Forest 등의 알고리즘이 활용되고 있다. 객체 추적은 전통적인 광학적 흐름(optical flow), Kalman 필터, Particle 필터 그리고 객체의 특징에 따라서 변형된 알고리즘들이 개발되었다. 상황인식은 인식하고자 하는 상황에 따라서 경험적인 기법(heuristic method)이 적용되고 있다.

예를 들면, 무단 침입 같은 경우에는 영상기반 객체를 검출하고 담 또는 철책을 경계영역으로 설정하고 검출된 객체 즉, 사람이 경계를 넘어가는 경우에 무단 침입 상황을 인지한다.

객체검출 및 추적, 상황인식 기법들이 다양하게 적용되는 지능형CCTV 시스템은 목표 객체 주변의 움직이는 객체에 의한 동적배경, 시간 및 계절 그리고 일기의 변화에 따른 조명 변화에 의하여 정확하게 상황을 인식하는 것이 어렵다. 동적배경과 실내에서 조명변화에 대응하기 위하여 RGB-Depth 카메라 등을 적용하여 상황을 감지하는 연구도 진행되고 있다 [3-6].

동적배경과 조명 변화에 상황인식 성능이 높고 오검출률이 낮은 지능형CCTV시스템의 구현을 위해서는 충분한 영상DB를 확보하는 것이 필요하다. 그리고 재난과 범죄로부터 안전한 삶을 지원하기 위하여 효율적인 영상관제시스템 운영을 위해서는 지능형 CCTV시스템이 필요하고 이에 대한 공정한 성능평가가 필요하다.

본 논문에서는 공정하고 신속한 지능형CCTV시스템의 성능 평가를 위한 실추정보 설정을 통한 영상 DB 구축 방안과 성능 평가를 위하여 시나리오를 포함한 테스트 베드 구축 방안을 제시한다. 본 논문에서는 시설관리, 방법 및 재난 시나리오를 수립하고, 시나리오에 대응하는 영상 취득 및 DB 구축 그리고 인증방안을 제시한다.

II. 영상DB 및 비디오 주석도구

지능형CCTV시스템의 성능평가를 위하여 영국 내 내부 산하의 HOSDB(Home Office Scientific Development Branch)와 CPNI(Centre for the Protection of National Infrastructure)가 협력하여 i-LIDS(Imagery Library for Intelligent Detection System)를 개발하였다. i-LIDS의 구축 배경은 VBD(Vision Based Detection) 시스템이 영국 경찰과 정부가 효율화하는데 도움을 줄 수 있다고 판단하였으며, 개발된 VBD 시스템과 응용 프로그램들 사이에 성능 차이가 있음을 인지하고 실외응용에 적합한 VBD시스템에 대하여 신속하고 공정한 평가가 필요하다는 판단 아래 i-LIDS를 구축하였다. i-LIDS의 구축 목적은 VBD시스템의 성능을 평가하고 영상기반의 알고리즘과 미래 시스템(future system)의 개발을 지원하는 것이다

현재까지 i-LIDS에는 이벤트검출 시나리오(Event Detection Scenario) 5 종류, 다중 카메라 추적(Multiple-camera Tracking) 시나리오 1 종류에 대하여 영상DB 구축되었다. 이벤트검출 시나리오 5 종류는 가방 방치(Abandoned baggage), 출입(Doorway), 자동차 주차(Parked Vehicles), Sterile zone 그리고 적외선 영상을 포함한 신기술(New Technologies)이다. 이벤트 검출용 영상은 시간, 기후, 배경활동 정도 등의 조건이 다르게 녹화된 약 24시간 분량의 시퀀스이며, 신기술에 대해서는 약 48시간 분량이다. 각 시퀀스는 그림 1과 같이 영상분석시스템의 훈련시스템이 제공된 영상에 대하여 적용할 수 있도록 3분 정도의 적응시간을 포함한다.

III. 지능형CCTV시스템 성능평가 방안

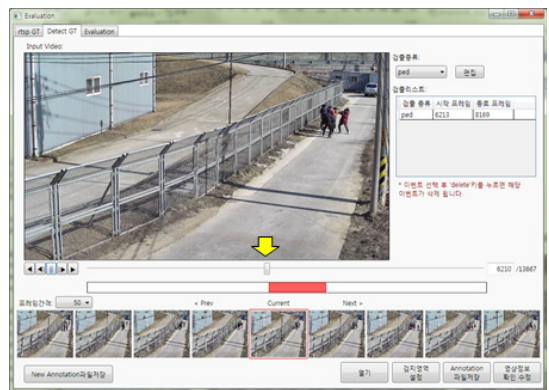
검출성능이 뛰어나고 오검출률이 낮은 지능형 CCTV시스템을 개발 구현하기 위해서는 충분한 영상 DB를 확보하여 동적배경과 조명 변화에 강건한 검출 및 추적 알고리즘이 필요하다.

3.1 시나리오 및 영상 DB 제작

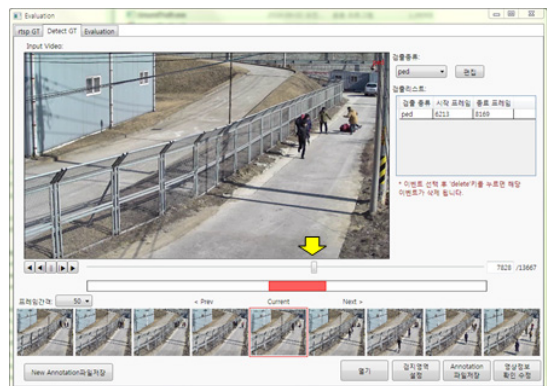
시나리오에 따른 영상 취득은 기본적으로 근거리, 중거리, 원거리 카메라를 설치하여 동시에 영상을 취

득하였다.

본 논문에서는 취득한 영상에 대하여 효율적으로 실측정보(ground truth)를 기록하여 영상DB를 구축하기 위한 영상주석도구(video annotation tool)를 개발하였다. 그림 2는 폭행 시나리오에 대한 실측정보를 기록하는 과정을 나타낸 것이다. 특정한 장소에서 폭행상황에 발생 시점(alarm start)과 종료 시점(finish alarm)을 나타낸 것이다. 그림 2의 (a)는 상황 발생 시작 시각을 기록하는 과정이며, (b) 폭력 상황이 종료된 시각을 기록한다.



(a)



(b)

그림 2. 실측정보 기록 과정
Fig. 2 Annotating ground truth

그림 3은 특정 영상에 대한 실측정보를 기록한 결과이다. 실측정보는 XML 포맷으로 저장되고 크게 영상녹화정보, 검출영역, 실측정보로 구성된다. 영상녹화

정보에는 해당 동영상 명칭, 녹화 카메라 위치, 동영상의 길이, 실측경보 발생 회수 그리고 촬영장소를 기록한다. 또한, 실외인 경우에는 이벤트 검출에 영향을 줄 수 있는 기상정보를 표시하고, 검출을 어렵게 할 수 있는 요소들을 기록한다. 검출영역은 이벤트의 발생 영역을 표시하는 다각형을 구성할 수 있는 점들을 기록한다. 실측경보 즉 경보(alarms)의 기록은 이벤트 발생시각, 경보의 종류 그리고 경보 발생시간을 초 단위로 기록한다.

로 XML 형식으로 시스템 출력 로그를 기록한다. 성능평가는 영상분석시스템의 출력 로그와 실측정보를 비교하여 성능을 평가 한다

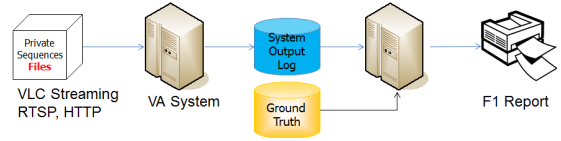


그림 4. 성능평가시스템 구성
Fig. 4 Configuration of evaluation system

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<KisaLibraryIndex>
  <Library>
    <Scenario>Abandonment</Scenario>
    <Dataset>KISA2014</Dataset>
    <Libversion>1.0</Libversion>
    <KisaLoiteringXml>1.0</KisaLoiteringXml>
    <Clip>
      <Header>
        <Filename>ABMLA09r0720f30.mp4</Filename>
        <Stage>1</Stage>
        <Duration>00:06:50</Duration>
        <AlarmEvents>1</AlarmEvents>
        <Location>MilitaryFacilities</Location>
      </Header>
      <Weather>
        <TimeOfDay>Day</TimeOfDay>
        <Clouds>None</Clouds>
        <Windy>None</Windy>
        <Rain>No</Rain>
        <Snow>No</Snow>
        <Fog>No</Fog>
      </Weather>
      <Distraction>None</Distraction>
      <DetectionAreas>1</DetectionAreas>
      <DetectArea>
        <Point>449,701</Point>
        <Point>1026,691</Point>
        <Point>1153,306</Point>
        <Point>1102,272</Point>
        <Point>863,228</Point>
        <Point>668,299</Point>
        <Point>399,402</Point>
        <Point>97,387</Point>
        <Point>11,412</Point>
        <Point>39,649</Point>
      </DetectArea>
    </Clip>
    <Alarms>
      <Alarm>
        <StartTime>0:3:25</StartTime>
        <AlarmDescription>Abandonment</AlarmDescription>
        <AlarmDuration>4</AlarmDuration>
        <NumberOfPersons>/>
      </Alarm>
    </Alarms>
  </Library>
</KisaLibraryIndex>
```

그림 3. 영상에 대한 실측정보
Fig. 3 Ground truth of a video

표 1은 XML 형식으로 기록된 전송영상리스트로써, 기록된 순서대로 그림 5와 같이 스트리밍서버는 영상을 전송한다. 그림 5와 같이 영상 스트리밍 서버에 저장되어 있는 영상 클립을 순서대로 전송한다. 영상 클립의 전송 순서는 불규칙한 순서로 결정되어 있다.

표 1. 영상전송 리스트
Table 1. A list of stream video

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<XMLFileList>
  <ListFormatVersion>1.0</ListFormatVersion>
  <Files>
    <XMLFile>ITMLA06r0720f30_06.xml</XMLFile>
    <XMLFile>ITMLA09r0720f30_10.xml</XMLFile>
    <XMLFile>ABMLP12r0720f30.xml</XMLFile>
    <XMLFile>ABMLA09r0720f30.xml</XMLFile>
    <XMLFile>CrRdA07r0720f30.xml</XMLFile>
  </Files>
</XMLFileList>
```

그림 5와 같이 영상 스트리밍 서버에서 순차적으로 전송한 영상에 대하여 개발사의 지능형CCTV시스템은 이벤트 검출 처리하여 시스템 경보를 기록한다. 성능의 평가는 이벤트 검출 시각을 기준으로 평가된다. 따라서, 지능형CCTV시스템에서 기록하는 이벤트 검출 시각의 기준을 설정하는 것이 중요하다. 기준 시각은 각 영상 클립이 다시 연결되고 영상 시작 시각을 0 초로 기준을 설정하고 이벤트 검출 시각을 각 영상 클립의 영상 시작 시각을 0초로 기준하여 이벤트 검출 시각을 기록한다. 그림 5의 상황을 예를 들면, video1.mp4 파일이 전송이 완료되면 개발사의 지능형 CCTV시스템에서 RTSP 세션이 종료된다. 스트리밍 서버에서 다음 영상을 연결하여 전송하게 되면, 지능형CCTV시스템은 영상 수신을 대기하고 영상이 수신

3.2 성능평가 방안

지능형CCTV시스템 성능평가시스템의 구성은 그림 4와 같다. 비디오스트리밍 서버에서는 불규칙적인 순서로 설정된 영상을 영상분석(Video analysis) 시스템으로 전송한다. 성능평가 대상인 영상분석시스템은 전송되는 영상에 대한 경보를 실측정보와 같은 구성으

되는 시점을 영상의 시작 시각 즉 0초로 기준을 설정한다.

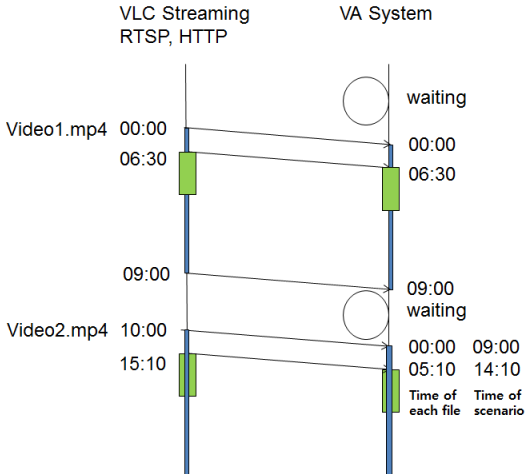


그림 5. 영상 스트리밍과 영상분석
Fig. 5 Video streaming and video analysis

본 논문에서는 기본적인 이벤트 검출 성능평가 기준은 영국의 i-LIDS와 유사한 기준으로 성능을 평가하고 i-LIDS에는 없는 시나리오에 대하여 예를 들면, 화재검출에 대한 시나리오에 대한 평가기준은 화재의 특성을 반영하여 그림 6과 같이 새로운 평가기준을

제시한다. 그림에서 상단은 실측정보이고 하단은 시스템출력 경보를 기록한 것이다. 사선으로 표시된 것은 화염이고 사각형은 연기경보이다. 연기와 화염은 주기적으로 밝기와 농도가 변화하기 때문에 일반적인 평가기준과 달리 이벤트시작 시각과 이벤트 주기를 함께 적용하여 검출 성능을 평가한다. 그림 6에서 연기인 경우에는 이벤트 발생 이후 10초 이내에 검출한 시스템출력경보에 대해서는 정상검출(true positive)로 인정하고, 실측정보 기간 동안에 발생하는 시스템출력정보는 무시한다.

3.3 성능평가 알고리즘

성능평가는 실측정보와 시스템출력 로그를 비교하여 표 2와 같은 순서로 성능을 평가한다. 표 2에서 TP, FP, FN 그리고 IG는 각각 정상검출(true positive), 오검출(false positive), 미검출(false negative), 경보무시(ignore)를 의미한다.

i 단계에서는 전체 시스템출력 경보에 대하여 오검출로 기록하고 ii 단계에서는 초기 3 분이내의 경보는 무시하는 처리를 한다. iii 단계에서는 시스템출력 경보 중에서 이벤트시작시각을 기준으로 그림 1 또는 그림 6과 같은 기준으로 실측정보와 비교하여 정상검출과 미검출을 기록한다. iv 단계에서는 정상검출 10 초 이내의 시스템출력경보에 대하여 경보무시 처리를 하고 v 단계에서는 오검출 이후 5초 이내의 시스템

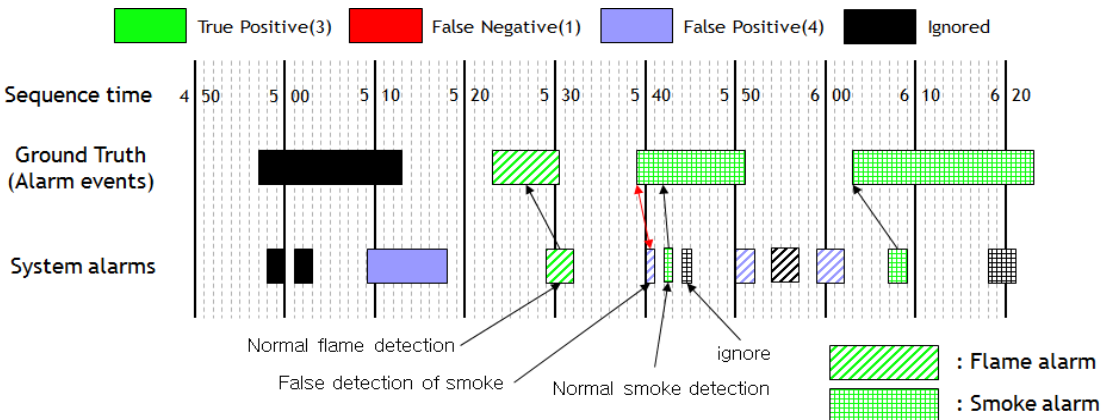


그림 6. 화재검출 성능평가 기준
Fig. 6 Performance evaluation criteria of fire detection

출력 정보에 대하여 정보무시 처리를 한다.

표 2. 성능평가 알고리즘
Table 2. A algorithm of evaluation

```

i. False Positive; initialize with false positive
alarm.i.flag= FP
ii. First 3 min Ignore
for(i=1; i<noOfAlarm i++)
    if(alarm.i.startTime < IGtime)
        alarm.i.startTime = IG
        // ignore within first 3 minutes
    else
        break
End
iii. Find true positive and missing
for(i=1; i<= noOfAlarm i++)
for(j=1 j<= noOfEvent j++)
    if((alarm.i.startTime - event.j.startTime) <
        TPmarginTime)
        alarm.i.flag = TP;
        // true positive within 10 seconds
        event.j.noAlarms ++;
    if(event.j.noAlarm==0)
        event.j.flag= FN
        // missing within 10 seconds
    end
iv. Find ignore after TP
for(i=1; i<= noOfAlarm i++)
for(j=i+1 j<= noOfAlarm j++)
    if(alarm.i.flag == TP & alarm.j.flag==TP)
        if((alarm.j.startTime - alarm.i.startTime)<
            IGtpMarginTime)
            alarm.j.flag = IG;
            // ignore within 5sec
        End
v. Find ignore after FP
for(i=1; i<= noOfAlarm i++)
for(j=i+1 j<= noOfAlarm j++)
    if(alarm.i.flag == FP & alarm.j.flag==FP)
        if((alarm.j.startTime - alarm.i.startTime)<
            IGfpMarginTime)
            alarm.j.flag = IG;
            // ignore within 5sec
        end
    
```

표 3은 표 2의 성능평가 알고리즘에 대하여 그림 1의 상황에 대하여 성능평가 알고리즘을 적용한 결과이다. ii 단계에서는 3분 이내 정보에 대하여 무시 처리를 하고, iii 단계에서는 각각 5분 23초, 5분 39초, 6분 3초의 이벤트 검출한 결과를 표시한 것이다. iv 단계에서는 정상 검출 이후 5초 이내 재경보를 무시한 결과이며, v 단계에서는 5분 54초에 발생한 재경보

즉, 오검출 이후 5초 이내 오검출을 무시한 결과이다.

표 3. 성능평가 결과
Table 3. Results of evaluation

Ground truth	system alarm	results				
		i	ii	iii	iv	v
04:47	04:48	FP	IG	IG	IG	IG
	05:01	FP	FP	FP	FP	FP
	05:09	FP	FP	FP	FP	FP
05:23	05:29	FP	FP	TP	TP	TP
05:39	05:40	FP	FP	TP	TP	TP
	05:42	FP	FP	TP	IG	IG
	05:44	FP	FP	TP	IG	IG
	05:50	FP	FP	FP	FP	FP
	05:54	FP	FP	FP	FP	IG
	05:59	FP	FP	FP	FP	FP
06:03	06:07	FP	FP	TP	TP	TP
06:06				FN	FN	FN
	06:18	FP	FP	FP	FP	FP

IV. 결론

본 논문에서는 지능형CCTV시스템 성능평가를 위한 영상DB와 테스트베드를 구축하고 성능평가체계를 제안하였다. 영상DB와 평가기준을 제시함으로써 효율적인 지능형CCTV시스템 개발을 지원할 수 있다.

감사의 글

본 논문은 2013년도 미래창조과학부에서 지원받은 기술료지원개발사업인 “지능형CCTV 성능시험 서비스 테스트베드 구축” 과제(과제번호 10045624)로 한 국인터넷진흥원과 경성대학교가 수행한 연구결과입니다.

References

[1] H.-M. Moon and S.-B. Pan, "The Human Identification Method in Video Surveillance

- System," *The Korean Institute of Information Technology*, vol. 8, no. 5, May 2010, pp. 199-206.
- [2] H.-M. Moon and S.-B. Pan, "The Analysis of De-identification for Privacy Protection in Intelligent Video Surveillance System," *The Korean Institute of Information Technology*, vol. 9, no. 7, July 2011, pp. 189-200.
- [3] C.-S. Won, S.-M. Kim, J.-S. Park, B.-W. Yoon, and J.-K. Song, "Hand Shape Recognition Based on Kinect and Analysis of the Performance," *J. of the Korean Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 7, no. 2, Nov. 2013, pp. 144-147.
- [4] B.-J. Choi, J.-K. Song, B.-W. Yoon, and J.-S. Park, "Smoke Detection using Kinect in the Indoor," *Workshop on Image Processing and Image Understanding*, Jeju, Korea, Feb. 2014.
- [5] H.-T. Kim, G.-Y. Kim, J.-K. Do, and J.-S. Park, "A Vehicle Detection and Tracking Algorithm Using Local Feature of the Vehicle in Tunnel," *The Korean Institute of Information Technology*, vol. 8, no. 8, Aug. 2013, pp. 1179-1186.
- [6] G.-Y. Kim, G.-H. Lee, J.-H. Kim, and J.-S. Park "Vehicle Detection Using Optimal Feature of Adaboost," *The Korean Institute of Information Technology*, vol. 8, no. 8, Aug, 2013, pp. 1129-1135.

저자 소개



박장식(Jang-Sik Park)

1992년 부산대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1994년 부산대학교 전자공학과 졸업(공학석사)

1999년 부산대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

1997년 3월~2011년 2월 동의과학대학 전자과 교수

2011년 3월~현재 경성대학교 전자공학과 교수

※ 관심분야 : 신호처리, 음성 및 음향신호처리, 영상처리 및 이해, 임베디드시스템



이승재(Seung-Jai Yi)

1996년 한국외국어대학교 무역학과 졸업

2001년 한국외국어대학교 경영정보학과 졸업

2000년~현재 한국인터넷진흥원 책임연구원

※ 관심분야 : 바이오인식, 영상식별