

# 자동화 생산 시설물의 객체모니터링을 위한 CCTV 영상추적 기술에 관한 연구

서원기\*, 이주영\*\*<sup>Ⓞ</sup>, 박구만\*\*, 신재권\*\*\*, 이승연\*\*\*\* 정회원

## A Study of CCTV Video Tracking Technique to The Object Monitoring in The Automation Manufacturing Facilities

Wongi Seo\*, Juyoung Lee\*\*<sup>Ⓞ</sup>, Gooman Park\*\*, Jaekwon Shin\*\*\*, Seungyoun Lee\*\*\*\* Regular Members

### 요 약

본 논문에서는 자동화 생산 시설물의 객체모니터링을 위해서 생산라인 현장의 상태 감시 모니터링이 가능한 시스템을 구현하고자 하며, 효율성을 향상시키기 위해 영상추적필터를 이용한 CCTV 영상추적 기술을 제안하고자 한다. 이 시스템에서는 자동화 생산 시설물의 객체모니터링을 위해 기존에 일반적으로 사용되었던 영상모니터링 방식이 아닌 영상추적필터를 기반으로 소프트웨어를 구축하여 효율적이며, 신뢰성 있는 데이터 전달을 함으로써 PC 기반의 모니터링이 가능하게 한다. 그리고 실시간 상태 확인이 가능하도록 함으로써 관리자의 접근성과 편의성을 향상시켰다. 또한 제안한 모니터링 시스템에 영상추적필터를 적용한 시뮬레이션을 수행함으로써 성능개선효과를 확인하였으며, 제안한 시스템의 효율성과 유용성을 확인하였다.

**Key Words** : Automation manufacturing facility, Video tracking, Monitoring, Surveillance, real-time status

### ABSTRACT

In this paper, we implement the real-time status monitoring system to surveil the object in the automation manufacturing facilities and we propose the CCTV video tracking system using the video tracking filter to improve efficiency. To surveil the object in automation manufacturing facilities, we implement monitoring SW on the based of the video tracking filter instead of the general method for the video monitoring so the reliable monitoring based on the PC is possible efficiently. In addition, accessibility and convenience for administrator are improved as the real-time status confirmation function. Also, we conform the performance improvement effect through the performance analysis of the proposed monitoring system using the video tracking filter.

## I. 서 론

최근 공장자동화 시스템은 산업혁명 이후부터 지속적으로 개발되어 왔으며, 이와 더불어 효율적인 생산관리 및 안정성확보를 구축하고자 하는 인류의 노력은 계속되어 왔다. 공장자동화 시설물의 설비 및 제품 생산라인 현장에 있어서 각종 제품의 상태를 실시간으로 확인하고 문제가 발생하였을 때 즉각적으로 대응할 수 있는 시스템의 필요성이 증대되고 있다[1][2]. 하지만 기존 관제시스템에서는 현장에 존재

하는 객체의 변화를 감지하기위해 단순 모니터링 기술을 일반적으로 사용하고 있다. 이러한 기존 관제시스템은 다양한 객체의 정밀한 움직임을 감지하기에는 한계점이 많이 존재한다[2][3]. 따라서 본 논문에서는 공장자동화 과정에서 효율적인 관리를 위해서는 동시다발적인 공정 상태를 일시적으로 모니터링 하는 시스템 구축의 필요성을 인식하여 동시다발적인 공정상태의 변화를 클러스터링 할 수 있는 시스템을 구축하는데 목적이 있다. 세부적으로는 동적물체의 감시 및 추적이 필요한 장소에 CCTV카메라와 Web camera, IP

\* 본 논문은 중소기업청 주관사업인 “제조공정 IT융합 기술개발 사업”의 일환으로 진행되는 “자동화라인 모니터링 및 보안감시 시스템 개발과제”의 지원으로 수행되었습니다.

\*넥스윌 대표이사

\*\*서울과학기술대학교 전자IT미디어공학과

\*\*\*동서대학교 전기정보제어과

\*\*\*\*파이브텍 R&D 센터

Ⓞ교신저자 dacoup@naver.com

접수일자: 2012년 6월 14일, 수정완료일자: 2012년 6월 20일, 최종게재확정일자: 2012년 6월 25일

camera등을 설치하여 감시가 필요한 모든 동적 객체를 실시간으로 감지한 후, 특정 객체를 추적하고 클러스터링을 하여 관측자가 효율적으로 공정상태를 분석할 수 있는 영상처리 시스템을 구축하고자 하며, 다양한 객체를 효율적으로 감지하기 위해 영상추적필터 알고리즘을 접목하고자 한다.

본 연구의 2장에서는 연구 개발의 개요 부분으로써 시스템의 특징과 구성내용을 나누어서 기술하였으며, 3장에서는 실질적인 개발 내용으로써 영상 모니터링 및 영상처리 SW 개발, 4장에서는 시뮬레이션을 통한 영상추적필터 성능평가에 관한 내용을 세부절로 나누어 상세히 기술하도록 하였으며, 5장에서는 결론을 도출하도록 하였다.

## II. 자동화 생산 시설물의 객체추적을 위한 모니터링 시스템의 특징 및 구성

### 가. 시스템 특징

본 논문에서 제안하는 자동화 생산 시설물의 객체추적을 위한 모니터링 시스템의 특징은 다음과 같다.

- 실시간 영상 모니터링 시스템
- 동적 객체 추적을 위한 영상처리 시스템
- 여러 가지 객체의 움직임을 클러스터링 기능 제공
- 비정상적인 객체의 움직임 발견 시 레코딩 기능 제공
- 데이터의 분석 및 처리 관리 기능 제공

자동화 생산 시설물의 객체추적 모니터링 시스템을 구성할 때에 나타나는 특징은 신속히 움직이거나 특정패턴의 형식을 가진 다양한 객체의 움직임에 대한 변화를 즉시 발견할 수 있도록 해준다는 장점이 있다. 또한 어떠한 영상처리라도 실시간으로 동작하도록 해주기 때문에 다양한 영상처리 알고리즘을 적용하는 것이 가능하다. 그리고 공장의 움직임을 단순히 실시간으로 보여주는 기능에서 한층 더 나아가 객체의 비정상적인 움직임을 지속적으로 추적하는 등의 영상추적 알고리즘을 적용하는 것도 가능하다.

본 시스템에서는 하나의 공정만을 추적하는 것이 아니라 다양한 공정시스템의 움직임을 파악하고 비정상적인 움직임이 있는 피사체를 전부 클러스터링 하여 추적하는 동작도 가능하다. 해당 시스템은 공장자동화 공정 상태에 대한 분석 및 파악을 해야 하는 근무자가 하나의 공정에만 집중하여 자칫 발견하지 못하거나 다른 곳에 시선을 집중하여 놓칠 수 있는 모든 자동화 공정 상태를 확인하고 추적할 수 있도록 해준다.

마지막으로 비정상적인 영상을 발견 시 레코딩을 해주는 기능을 포함하고 있는데, 이는 추후에 근무자가 공장자동화의 순차적인 움직임을 지속적으로 감시하고 분석할 수 있도록 도와준다.

### 나. 시스템 구성

본 논문에서 제안한 자동화 생산 시설물의 객체추적을 위한 모니터링 시스템의 구조를 살펴보면 다음 그림1과 같다.

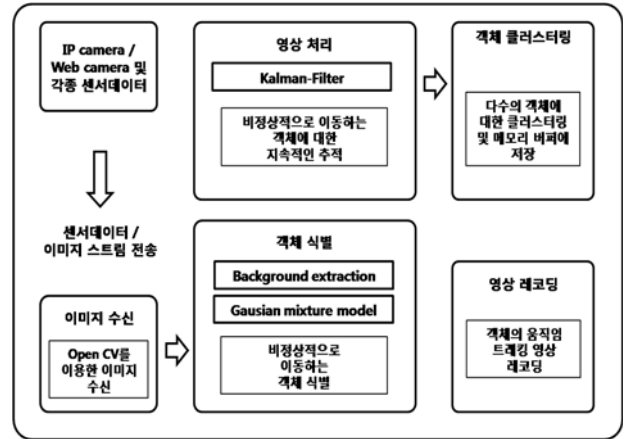


그림 1. 자동화 생산 시설물 모니터링 시스템의 구조

우선 크게 영상 모니터링 이미지 수신부, 공정상태 모니터링 및 객체식별을 위한 객체식별부, 비정상적인 움직임 추적을 위한 영상처리부, 다수의 처리 데이터를 클러스터링하는 클러스터링부, 자동화 모니터링 추적영상을 레코딩하는 레코딩부로 나눌 수 있다. 영상 모니터링 이미지 수신부에서는 CCTV, Web camera, IP camera등에서 보내오는 이미지를 자동화 생산 시설물에 설치된 환경 센서, TEMP센서, 초음파/적외선 센서등의 다양한 정보와 함께 컴퓨터의 메모리에 저장한다. 그리고 영상처리부에서 실시간으로 영상처리를 할 수 있도록 해당 데이터를 영상처리부로 넘겨준다. 영상처리부에서는 실시간으로 넘어온 영상의 프레임 및 데이터를 넘겨받아 백그라운드 영상과 객체 영상을 구분하고 상태변화를 추적한다. 다수의 이미징을 클러스터링하는 클러스터링부에서는 공정상태의 움직임으로 포착된 모든 범위를 파악하여 그 순서에 따라 번호를 붙여주고 메모리에 정렬하는 클러스터링 작업을 수행한다. 클러스터링 작업에 의해 지정된 번호는 공정의 비정상적인 움직임이 없어질 때까지 계속해서 공정상태를 파악하게 된다. 공장자동화 상태의 움직임을 파일로 저장하는 레코딩부에서는 레코딩 명령을 주면 그때부터 공장자동화의 움직임을 관리서버에 파일로 저장한다.

## III. 객체 추적 영상처리 시스템의 구현

본 논문에서는 CCTV, web camera, IP camera등에서 실시간 영상 스트림을 수신하여 공장자동화의 움직임 및 주위 환경을 확인할 수 있는 영상모니터링 기능을 포함하는 시스템을 제안하고 있다. 영상모니터링을 위해서 필요한 개발 Tool 및 프로그램, 구축환경은 아래 표 1과 같다.

표 1. 자동화 생산 시설물의 객체추적을 위한 영상모니터링 SW 구축환경

OS	Windows XP
Development Tool	Microsoft Visual Studio 2008
Program Language	C, C++
OpenCV Version	OpenCV 2.1.0

본 논문에서 제안한 모니터링 시스템은 카메라의 종류와 유형에 독립적으로 동작이 가능하며, Windows 기반의 OS 기반으로 동작된다. SW 응용 실행화면은 자동화 생산 시설물의 대외비적 요소로 인해 협의가 불가하여 객체 추적 영상 처리 시스템을 실험적으로 표현 하였다. 다음 그림 2는 SW 실행화면이다.



그림 2. 자동화 생산 시설물의 불안정상태 모니터링 SW

그림 3과 같이 본 SW는 모니터링을 하고있던 자동화 생산 시설물의 돌발 이벤트 발생시, 해당객체에 대한 상태를 원으로 나타내고 클러스터링을 하여 지속적으로 추적한다.

#### IV. 구현된 객체추적 모니터링 시스템의 성능분석

본 시스템에서는 공장자동화의 불안정상태를 모니터링하기 위해 가우시안 믹스처 모델을 이용하여 불안정한 움직임을 보인 물체의 움직임을 측정하고, 영상추적필터를 적용하여 해당 물체의 영상을 추적하였다.

가우시안 혼합 모델에 대한 참고문헌[5]을 토대로 영상에서 물체의 움직임을 측정하기 위해 영상의 한 픽셀은 다음과 같은 식을 바탕으로 모델링 되었다.

$$P(X_x) = \sum_{i=1}^K w_{i,t} * \eta(X_t, \mu_{i,t}, \Sigma_{i,t}) \quad (1)$$

하나의 픽셀은 K개의 가우시안 모델이 혼합되어 표현되는데, 여기서 특정 시간 t마다 갖는 한 픽셀값의 집합인  $P(X_x)$ 는 각 픽셀에 대해 가우시안 확률 밀도 함수  $\eta$ 와 가중치가 곱해져 메모리에 저장된다. 그리고 주변 픽셀과의 연결을 통하여 불안정한 물체로 추정되면 움직임이 멈출 때까지 추적하게 된다.

그리고 불안정한 움직임을 보인 물체의 다음경로를 예측하고 사고를 방지하기 위하여 영상추적필터 알고리즘을 사용하였다.

영상추적필터 알고리즘에 대한 참고문헌[6]을 토대로 물체의 추정 값을 계산하는 수식은 다음과 같다.

$$\hat{x}_k = \hat{x}_k^- + K_k(z_k - H\hat{x}_k^-) \quad (2)$$

여기서  $\hat{x}_k^-$ 는 예측 값이고,  $K_k$ 는 칼만이득이며  $z_k$ 는 실제 측정값을 이야기 한다. 또한 H는 측정값과 상태변수와의 관계를 나타낸 시스템모델을 나타내는 것으로, 식에서 보는바와 같이 추정 값은 측정값과 시스템 모델, 예측 값과 칼만 이득을 이용하여 계산된다.

알고리즘의 성능검증을 위해 공장에서 사고로 발생할 수 있는 물체의 불안정한 경로를 생성하고 이를 추적하는 시뮬레이션을 수행하였다. 물체에 대한 시스템 잡음의 공분산 행렬  $Q_k$ 와 측정 잡음의 공분산 행렬  $R_k$ 는 식 (3)와 같은 값을 가진다고 가정하였다.

$$Q_k = \begin{bmatrix} 0.01 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.01 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.01 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.01 \end{bmatrix}, R_k = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

영상추적필터를 적용하지 않은 모니터링 시스템의 추적결과 시뮬레이션은 동적 객체의 실제 움직임과는 많이 다른 형태의 움직임으로 추적하게 된다. 그 내용은 다음 그림 3과 같다.

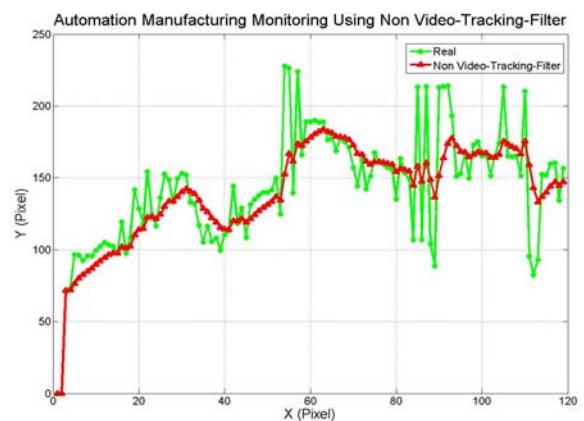


그림 3. Non Video-Tracking-Filter Simulation

그림 4에서 x축과 y축은 Pixel의 좌표를 나타내는 것으로 실제 이동경로와 모니터링 시스템의 추적 위치값은 비교적 오차가 많은 것을 확인할 수 있다. 반면에 영상추적필터를 적용한 모니터링 시스템의 추적 결과 시뮬레이션은 동적 객체의 실제 움직임과 유사한 형태의 경로를 추적하며, 그 결과는 다음 그림 4와 같다.

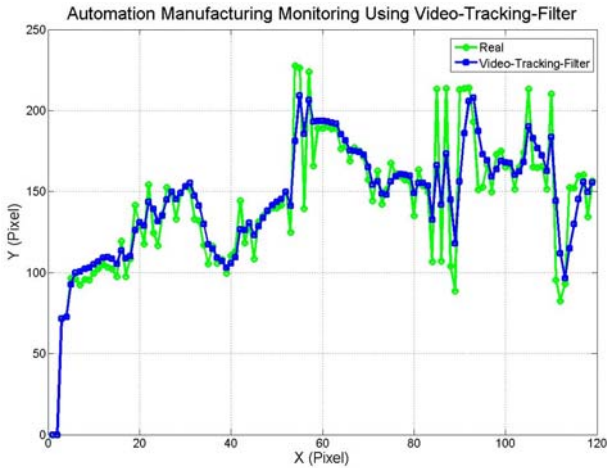


그림 4. Video-Tracking-Filter Simulation

두 추적결과를 비교해서 나타낸 그래프는 그림 5로, 영상추적필터를 이용하였을 때가 이용하지 않았을 때보다 객체의 움직임 경로를 보다 정확하게 추적한다는 것을 알 수 있다.

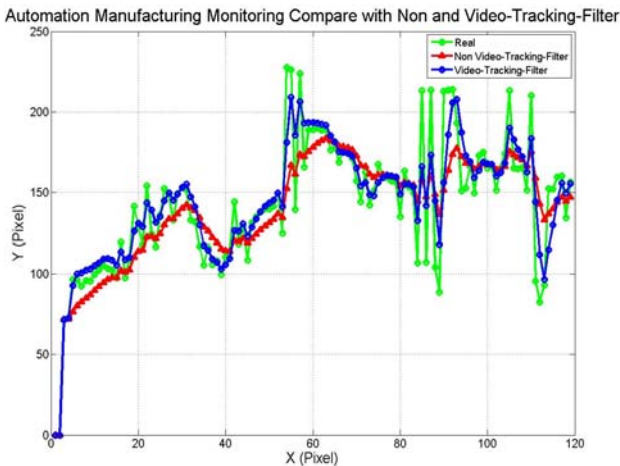


그림 5. Non Video-Tracking-Filter & Video-Tracking-Filter

지금까지 영상추적필터를 이용하였을 때와 이용하지 않았을 때의 움직임 경로추적 결과를 비교함으로써 영상추적필터를 이용한 객체추적 모니터링 시스템의 유용성을 입증하였다.

## IV. 결론

본 논문에서는 “자동화 생산 시설물의 객체모니터링을 위한 CCTV 영상추적 기술”에 관한 개발내용을 다루고 있으며, 해당 시스템의 특징과 구성을 구조도를 통하여 명확하게 제시하였다. 또한 설계한 시스템 구조에 부합한 실질적인 개발 내용을 다루었으며, 설계한 구조를 기반으로 공정형태의 영상을 실시간으로 모니터링하고, 동적 객체를 영상추적하며, 다수의 객체를 클러스터링하고 비정상적인 움직임 발견 시 이벤트 표시 기능을 제안하고, 관련 SW 개발을 통해 구현가능성을 입증하였다. 또한, 본 논문에서 제안한 영상추적필터기반의 객체추적과 일반적인 객체추적방식의 정밀도에 관한 성능 시뮬레이션을 통하여, 본 논문에서 제안한 객체추적방식의 유용성을 입증하였다.

본 논문에서 개발한 내용을 공장의 생산라인 제품 감시 이외에도 재해관리 시스템 모니터링 등의 다양한 관련 보안솔루션으로써 적용할 시, 각종 사고로부터의 예방효과를 극대화시킬 수 있으며, 비정상적인 상황 발생 시 빠른 대응책을 마련하여 피해를 최소화 할 수 있을 것으로 사료된다.

향후 스마트 단말을 이용한 관리자의 부재 시 자동화 설비의 불안정상태의 데이터 전송을 구현하여 자동화 설비의 진행 내역 여부를 확인 할 수 있는 연구를 도출해야 할 것이다.

## 참고 문헌

- [1] Holger Zipper, Thomas Bangemann, Marco Meier Institut f., IEEE 978-1-4244-9312-8 2011 "Distributed Automation System supports Process Monitoring and Control"
- [2] Mikell P. Groover "Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing" Prentice Hall Press Upper Saddle River, NJ, USA ISBN:0132393212 2007
- [3] Jae-Seung Jung, Jae-Min Park, Byung-Guk Kim, Korea GIS journal vol.14, No.2, page(s): 177-266 2006.7 "Tracking of Moving Objects for Mobile Mapping System"
- [4] Jae-Saeng Kim, Jeong-Sik Lee, 한국콘텐츠학회, 한국콘텐츠학회논문지, vol.10, NO.6, page(s): 106-114 2010.6, "Implementation of a Remote Controlling System between Server/Client based Mobile"
- [5] Chris Stauer, W.E.L Grimson, IEEE 1063-6919/99 1999, "Adaptive background mixture models for real-time tracking"
- [6] Byung-Doo Kim, Ja-Sung Lee, 한국항공우주학회, 한국항공우주학회지, vol.34, NO.8, page(s): 71-78 2006.8 "다중표적 추적을 위한 정상상태 칼만필터 기반 IMM 추적필터"

**저자**

**서원기(Wongi Seo)**



- 1993년 2월 : 포항공과대학교 전자전기 공학과 학사졸업
- 1995년 2월 : 포항공과대학교 전자전기 공학과 석사졸업
- 1999년 2월 : 포항공과대학교 전자전기 공학과 박사졸업

· 현재 : 넥스월 대표이사

<관심분야> : RF 및 무선통신 시스템, 디지털 영상처리시스템

**정회원**

**이승연(Seungyoun Lee)**



- 1999년 2월 : 성균관대학교 전기공학과 학사졸업
  - 2001년 2월 : 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부 석사졸업
  - 2006년 2월 : 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부 박사졸업
  - 2006년 11월~2007년 12월 : Georgia Tech post-Doc.
  - 2008년~현재 : 동서울대학교 전기정보제어과 교수
- <관심분야> : 모니터링시스템, 유무선통신기술, USN

**정회원**

**이주영(Juyoung Lee)**



- 2011년 2월 : 서경대학교 컴퓨터공학과 학사졸업
  - 2011년 3월~현재 : 서울과학기술대학교 NID융합대학원 석사과정
- <관심분야> : 모니터링시스템, 디지털 영상처리 시스템, USN

**정회원**

**박구만(Gooman Park)**



- 1991년 2월 : 연세대학교대학원 전자공학과 박사
- 1986년 2월 : 연세대학교대학원 전자공학과 석사
- 1984년 2월 : 한국항공대학교 공학사
- 1999년 8월~현재 : 서울과학기술대학교 전자IT미디어공학과 교수

- 1996년 9월~1999년 7월 : 호남대학교 전자공학과 조교수
- 1991년 3월~1996년 9월 : 삼성전자 신호처리연구소 선임연구원

- 2006년 1월~2007년 8월 : Georgia Institute of Technology Dept.of Electrical and Computer Engineering, 방문교수

<관심분야> : 디지털 영상처리 시스템, 멀티미디어 통신, 컴퓨터비전

**정회원**

**신재권(Jaekwon Shin)**



- 1993년 2월 : 단국대학교 전기공학과 학사졸업
  - 현재 : 파이브텍 R&D 센터 소장
- <관심분야> : 공장 자동화 / 제어시스템, 모니터링 시스템

**정회원**