

지능형 감시 시스템 구축을 위한 영상과 음원 추적 기반 임베디드 모바일로봇 개발

A Design of Mobile Robot based on Camera and Sound Source Localization for Intelligent Surveillance System

박정현 · 김형복 · 오정석 · 심귀보*

Jung-Hyun Park, Hyung-Bok Kim, Jung-Suk Oh and Kwee-Bo Sim*

중앙대학교 전자전기공학부

요 약

보안이 중요시되는 공간에서 임의의 사람을 추적하고 인식할 수 있는 시스템의 필요성이 점차 중요시 되고 있다. 본 논문에서는 영상과 음원 추적 기반의 임베디드 모바일 로봇을 개발함으로써 무인 지능형 시스템을 구현하였고 영상에서 객체 추적을 위해 블록 매칭 알고리즘을 이용하고 음원 추적을 위해 소리의 시간차와 세기차를 이용하여 시스템을 구현 하였다. 본 논문에서는 Pan-Tilt 카메라와 음원 추적 모듈을 이용한 시스템, Network 카메라와 모바일 로봇을 이용한 시스템과 모바일 로봇을 이용한 시스템을 구현함으로써 침입자 추적 알고리즘을 검증하였다. 각 구현된 시스템에서 문제점을 보완하고 서로 연동이 가능한 시스템을 구현하여 지능형 무인 감시 시스템으로 신뢰성을 더할 수 있을 것이다.

Abstract

The necessity of intelligent surveillance system is gradually considered seriously from the space where the security is important. In this paper, we embodied unmanned intelligent system by developing embedded mobile robot based on images and sounds tracking. For objects tracking, we used block-matching algorithm and for sound source tracking, we calculated time differences and magnitude dissimilarities of sound. And we demonstrated the superiority of intruder tracking algorithm through the embodiment of Pan-Tilt camera and sound source tracking module using system, Network camera and mobile robot using system and mobile robot using system. By linking security system, the suggested system can provide some interfacing functions for the security service of the public facilities as well as that of home.

Key Words : 지능형 감시, 음원 추적, 모바일 로봇, Motion Vector, ITD(Interaural Time Difference), Pan-Tilt Camera

1. 서 론

인터넷 망의 발달로 영상의 전송이 가능해 짐에 따라 대부분의 지능형 감시 시스템은 카메라를 이용하여 원격지에서 모니터링을 할 수 있는 기능을 가지고 있다. 고정 카메라를 이용하여 영상을 저장하고 전송하는 것은 유효 영상을 얻기 힘들다. 이에 여러 개의 고정 카메라와 PT(Pan-Tilt) 카메라를 조합하여 네트워크를 구성하는 방법이 제안되었다[1]. 이 방법은 유효 영상을 얻기 위해서는 효과적이지만 감시하기 위한 모든 임의의 공간에 카메라를 설치해야 되는 단점이 있다. 이에 고정 카메라와 PTZ(Pan-Tilt-Zoom) 카메라를 조합하여, 고정카메라로 움직임을 감지하고, PTZ카메라를 이용하여 움직임을 추적함으로써 영상을 획득하는 방법이 제안되었다[2]. 이 방법 또한 카메라가 설치되지 않

거나 사각지대에서는 유효 영상을 얻을 수 없는 방법이다. 카메라가 설치되지 않은 장소에서도 유효 영상을 얻기 위해 효과적인 지능형 감시 시스템은 자율 이동로봇을 이용하는 것이다. 최근 빌딩 경비 시스템으로 자율 이동 경비 로봇을 이용하는 것으로 보고되고 있으며 wheel-type 으로써 객체 추적이나 모터 진단, 화재·누수 검출, 장애물 감지의 센서 시스템을 가지고 있다[3].

대부분의 시큐리티 로봇은 카메라를 탑재하여 임의의 장소로 순찰 하면서 모니터링 스테이션으로 이미지를 전송 한다[3]. 또한, 이동로봇이 순찰을 마친 후 로봇의 도킹 위치로 돌아와 자동 충전시스템을 가진 시큐리티 로봇도 있다[4]. 이 로봇은 클라이언트 사용자가 컴퓨터나 PDA를 이용하여 인터넷을 통한 모니터링 할 수 있는 기능도 가지고 있다. 이러한 시스템[3-5]은 영상 전송을 확장성이 있는 인터페이스로 전송하지 않고, 무선으로 전송하는 모듈을 이용하였기 때문에 영상을 전송할 수 있는 유효 범위에 서버컴퓨터를 필요로 하거나, 다른 카메라나 다수 이동 로봇에 탑재된 카메라와 연동하여 사용하기에는 어려움이 있다. 또한 영상만을 이용한 시스템은 실내조명이 없을 경우는 침입자를 감지하기 어렵다.

본 논문에서는 기존 연구에서의 문제점을 해결 하고자 다

접수일자 : 2009년 6월 1일

완료일자 : 2009년 7월 25일

* 교신 저자

이 논문은 2008년도 서울시 기술이전 지원 사업 과제 연구비 지원에 의한 것입니다. 연구비 지원에 감사드립니다.

음과 같은 두 가지 형태의 무인 지능형 감시 시스템을 구현하려 한다. 첫째, 한 개의 PT(Pan-Tilt) 카메라를 이용하여 wide-area를 감시하기 위한 방법으로 음원을 이용하고자 한다. PT카메라 한 개를 이용할 경우에는 현재 위치한 획득 영상에 대해서만 감지를 할 수 있기 때문에 카메라의 Pan-Tilt 기능을 이용하여 움직임에 대하여 검색을 하여 유효 영상을 획득해야 한다. 본 논문은 효과적인 시스템 구축을 위하여 카메라를 이용해 검색하는 방법대신 음원추적 센서를 이용하였다. 음원의 방향으로 카메라를 이동하여 침입자를 검색한 후 이동 경로에 따라 카메라를 이동하여 침입자의 감지 영상을 저장하는 시스템을 구현한다. 둘째, 다른 네트워크 카메라나 네트워크를 이용하는 다른 감시 시스템과 연동이 가능한 인터페이스를 갖춘 지능형 감시 시스템을 구현하고자 한다. 네트워크 카메라를 Embedded Linux 기반의 Mobile Robot에 탑재하여 무인 지능형 감시 시스템을 구성한다. 영상정보를 이용하여 침입자의 이동 경로에 따라 로봇이 추적하여 감지 영상을 로컬 또는 원격지 모니터링 시스템으로 실시간 전송하는 시스템을 구현하고자 한다.

본 논문의 구성은 제 2장은 영상과 음성을 이용한 침입자 추적 알고리즘에 대해서 설명하며, 제 3장은 Pan-Tilt 카메라와 음원 추적 모듈을 이용한 지능형 감시 시스템에 대해서 제 4장에서는 Network 카메라를 탑재한 모바일 로봇을 이용한 지능형 감시 시스템에 대해 기술한다. 제 5장에서는 제안하는 시스템의 실험과 결과 그리고 제 6장에서 결론 및 향후 과제에 대해 논한다.

2. 영상과 음성을 이용한 침입자 추적 알고리즘

본 논문에서는 영상의 압축에 사용하는 움직임 예측 방법 중 하나인 블록 매칭 움직임 추정 방법을 이용하여 실시간으로 영상 내 객체의 움직임 벡터(Motion Vector)를 추출하여 침입자를 추적하고 유효 영상을 얻는다.

기존의 음원추적 센서를 설계하는 방법으로 서로 다른 마이크를 통해 획득한 소리의 시간차를 이용하여 위상을 계산하고 칼만 필터를 사용하는 방법[6]과 고정된 마이크로 들어오는 소리의 입사각을 계산하고 밴드패스필터를 사용하는 방법[7] 등이 있다. 그러나 사람은 두 귀에 도달하는 시간차이(ITD, Interaural Intensity difference)와 세기차이(ITD, Interaural Time Difference)에 의해 소리의 방향을 인식하는 것으로 알려져 있다[8][9]. 본 논문은 이에 착안하여 IID와 ITD를 이용하여 음원의 방향을 인식한다.

2.1 영상에서 객체 추출

연속하는 두 프레임 사이의 Motion Vector의 검출하는 방법은 여러 가지가 있으나 움직임을 추정하는 단위에 따라 크게 화소순환법(PRA)과 블록 매칭알고리즘(BMA)으로 나뉜다. 화소순환법은 화소 단위로 움직임을 추정하기 때문에 정확한 움직임 값을 얻을 수 있으나 반복적인 계산과 부화소 위치의 보간 과정이 필요하기 때문에 계산량이 많고 복잡하여 하드웨어 구현이 어렵다. 반면에 블록매칭은 2차원 영상을 M×N개의 블록으로 나누어 블록 단위로 물체의 움직임을 추정하는 방법이다. 블록매칭 알고리즘은 블록 단위로 움직임을 추정하기 때문에 순 정확도는 떨어지지만 알고리즘이 단순하여 하드웨어 구현에 용이하다는 이점이 있다.

따라서 대부분의 시스템에서는 블록매칭알고리즘을 사용한다. 본 논문에서는 현재 프레임을 일정한 크기의 블록으로 나누고 시간축상 기준이 되는 프레임(reference frame)에서 각 블록의 움직임을 추정하는 방식으로 보편적인 블록매칭 알고리즘을 사용한다.

블록매칭은 평균 절대값 차이 (SAD : Sum of Absolute Difference)[8]를 이용하여 두 블록의 유사도를 평가하는 것이다. 즉 현재 이미지 t번째 프레임 I_t 에서 좌표(x,y)에 $M \times N$ 크기의 블록이 있다고 가정했을 이 블록과 레퍼런스 이미지 t-1번째 프레임 I_{t-1} 에서 좌표(x+u,y+v)에 위치한 블록과의 절대 값 차이의 합은 식 (1)과 같이 정의한다.

$$SAD_{(x,y)}(u,v) \equiv \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} |I_t(x+i,y+j) - I_{t-1}(x+u+i,y+v+j)| \quad (1)$$

식(1)에서 SAD 값을 가장 작게 만드는 변위(u,v)의 값이 해당 블록의 움직임 벡터이다. $SAD_{(x,y)}(u,v)$ 의 최소값을 갖는 움직임 벡터(u,v)를 $v(\hat{u}, \hat{v})$ 로 나타내면 식 (2)와 같다.

$$v(\hat{u}, \hat{v}) \equiv \arg \min_{(u,v)} SAD_{(x,y)}(u,v) \quad (2)$$

검색 윈도우 안에서 해당 블록과 SAD값이 가장 작은 위치의 블록을 찾고, 그 위치 변화를 움직임 벡터로 인지하게 된다.

그림 1은 블록 매칭 움직임 추정 과정을 보여준다. Current Frame(t)에 존재하는 $M \times N$ 크기의 블록이 Previous Frame(t-1)의 어느 위치에 해당 여부를 윈도우를 통해 검색을 한다. 이 검색윈도우 안에서 해당 블록과 SAD값이 가장 작은 위치를 블록으로 찾고, 그 위치 변화를 Motion Vector로 추출 한다.

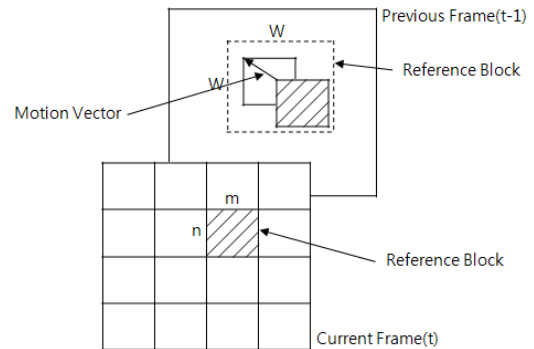


그림 1. 블록매칭 움직임 추정 방법
Fig. 1. Block matching motion estimation process

블록매칭 알고리즘에서 움직임 추정 방법에는 Cross Search, Full Search, Spiral Search, Three Step Search가 있다. 본 논문에서는 특정 블록 주변의 모든 변위에 대하여 SAD를 계산 하는 방법인 Full Search방법을 이용하여 Motion Vector를 추출한다. Full Search를 사용하면 가장 정확한 블록 매칭 기반 Motion Vector을 알아낼 수 있다. 그러나 윈도우의 크기가 커질수록 Full Search방법은 너무 많은 연산시간을 필요로 하는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 일부 위치에 대해서만 SAD를 계산하는 방법들이 개발되었다. 다이아몬드 검색(Diamond Search)방법

은 빠르고 정확한 움직임 추정 방법의 하나로 알려져 있다.

2.2 음원의 위치 파악

본 논문에서 음원의 위치 파악을 하기 위한 방법으로 그림 2와 같이 소리의 세기 차이(IID)와 소리의 시간차이(ITD)를 이용한다.

본 논문에서 구현한 음원 추적 모듈은 음원의 정확한 위치를 검출하는 것이 아니라 음원이 발생한 쪽의 방향을 찾아내고, 대략적인 방향을 감지하는 것이다. 즉 음원의 방향을 카메라의 화각이 벗어나지 않는 범위에서 감지한 후 Pan-Tilt 카메라나 모바일 로봇을 이동하여 객체를 추적하는 스스로 사용하는 것이 목적이다.

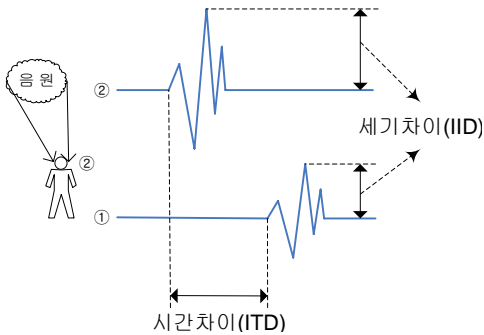


그림 2. 소리의 시간차이(ITD)와 세기차이(IID)
Fig. 2. ITD and IID of sound

음원 센서는 그림 3과 같이 4개의 마이크(M1~M4)로 구성되어 원점으로 하는 기준 좌표로 잡았다. 음원의 위치 영역 A를 구하기 위해, 그림 3과 같이 설치한 마이크의 방향성에 근거하여 그림 4와 같이 마이크에 들어온 신호의 세기를 입력으로 하는 비교기를 구성하였다.

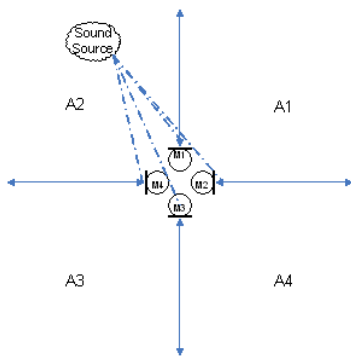


그림 3. 4개의 마이크를 이용한 음원위치 추정
Fig. 3. Sound source estimation using four microphones

그림 4와 같이 각각의 마이크에 들어온 신호를 방향성에 따라 비교기의 (+), (-) 입력으로 하면 각 마이크 신호의 세기에 따른 출력 값 X, Y를 얻을 수 있다. 이를 통하여 영역 A1~A4중 음원 위치 영역 A를 식 3과 같이 결정할 수 있다. 비교기의 출력 X, Y에 대해 다음과 같은 방법으로 A를 결정한다.

$$\begin{aligned} X \geq 0, Y \geq 0 &\rightarrow A1, & X < 0, Y \geq 0 &\rightarrow A2 \\ X < 0, Y < 0 &\rightarrow A3, & X \geq 0, Y < 0 &\rightarrow A4 \end{aligned} \quad (3)$$

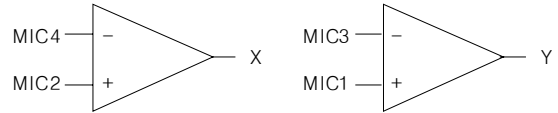


그림 4. 음원의 위치 영역 검출을 위한 비교기
Fig. 4. Comparator for detecting the source area

또한 정확한 방향을 찾아내기 위해 비교기에서 추출된 방향벡터 (X, Y)의 비를 이용하여 식 4를 이용하여 방향벡터의 방위 값 θ 를 구한다.

$$\theta = \begin{cases} \arctan(Y / X), & \text{if } X > 0, \\ 180^\circ + \arctan(Y / X), & \text{if } X < 0, \end{cases} \quad (4)$$

음원 추적 모듈은 상하, 좌우 쌍으로 직교하고 있는 마이크의 음원 신호를 받아 증폭 회로, Peak 값 검출 회로, 비교 회로를 거쳐 CPU의 ADC(Analog to Digital Converter)의 해 디지털 값으로 변경하여 음원의 방향을 결정하게 된다. 음원의 시간 차이는 마이크를 통해 들어온 신호를 증폭하고 마이크로프로세서의 External Interrupt를 이용하여 측정한다.

3. Pan-Tilt 카메라와 음원 추적 모듈을 이용한 시스템

3.1 시스템의 구성

본 실험의 목적인 침입자 추적을 위해서 구현한 실험 장치는 그림 5와 같다. 우선 그림 3과 같이 음원 위치 추정을 위해 음성을 받아들이기 위한 Pre Amp가 내장된 마이크가 4개 위치하며, 음성을 받아 들여 증폭하고, 디지털 값으로 변경하기 위한 회로가 구성되어 있다. 이 음원 추적 모듈은 방이나 건물의 천정에 위치하기 때문에 PC로 음원 추적 결과를 전송하기 위해 ZigBee통신 방식을 이용하여 무선으로 전송한다. PC 또한 음원 데이터를 받기 위해 ZigBee 모듈이 장착되어 있으며 음성 데이터를PC로 전송하기 위해 RS232와 USB로 서로 데이터를 변환해주는 FTDI사의 FT232를 사용 하였고, 컨트롤러로는 ATMEL사의 ATMEgal28을 사용하였다.

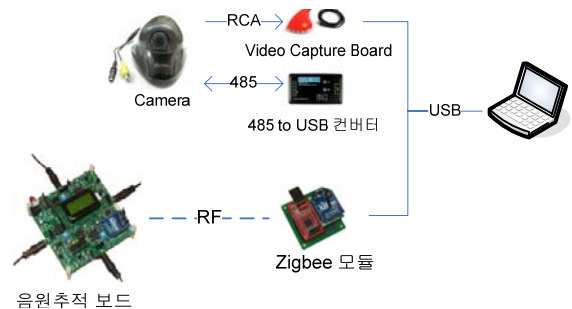


그림 5. 침입자 추적 시스템
Fig. 5. Intruder surveillance system

카메라의 영상은 Composite영상으로 출력되기 때문에 PC에서 입력 소스로 사용할 수가 없다. 따라서 PC로 받기 위해 USB 타입의 Video Capture Board를 사용하였으며, Pan-Tilt제어를 위한 PC와의 인터페이스를 위해RS485통신을 USB로 변환하는 컨버터를 이용하였다.

영상 입력 장치로는 1/3", 41만 화소 CCD 컬러 Pan-Tilt 스펙의 소니 DSP 카메라를 사용하였다. Pan 312°, Tilt 80°이며, Pan-Tilt 제어는 485통신으로 제어한다. 프로토콜은 표 1과 같이 Synchronization 1byte, Command 2byte, Data 2byte, Checksum으로 구성되어 있는 PELCO 사의 D로 제어한다. 카메라의 영상의 출력은 휘도 신호와 색차 신호가 함께 있는 복합 신호로 휘도와 색차 신호가 단일 반송파 신호에 함께 실리는 Composite신호로 출력된다.

표 1. PELCO-D 프로토콜.
Table 1. PELCO-D Protocol.

| Byte 1 | Byte 2 | Byte 3 | Byte 4 | Byte 5 | Byte 6 | Byte 7 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Sync | Addr | CMD 1 | CMD 2 | Data 1 | Data 2 | CRC |

3.2 침입자 추적 시스템의 구성

침입자 추적 시스템의 화면 구성은 그림 6과 같이 입력 영상, 기준영상, 검출영상, 움직임 벡터 표현 부분과 Pan-Tilt 제어포트 설정, 음원 데이터통신 포트 설정, 시스템 설정 메뉴가 있고, 카메라의 이동 좌표와 시스템 구동 절차를 표시하는 메시지 박스로 구성되어 있다.

카메라 입력은 실시간으로 카메라의 입력을 받아 표시하는 부분이다. 기준영상은 Pan-Tilt 카메라가 움직일 경우마다 기준영상을 다시 획득하는데 이 영상을 표시한 것이다.

검출 결과는 카메라 입력과 기준영상의 차 영상을 이진화하여 모폴로지 기법을 이용하여 잡음을 제거 한 화면이다. 또한 블록 매칭 움직임 추정 방법을 이용하여 움직임 벡터를 나타내었다. FT232는 물리적으로 USB인터페이스이지만 MS윈도우 에서는 가상 시리얼포트로 인식이 되기 때문에 Pan-Tilt 카메라제어 시리얼포트와 음원 추적 보드의 프로세서(ATMega128)와의 통신을 하기위한 시리얼 포트 설정 부분이 있다. 방위각은 음원이 발생했을 경우 발생 위치를 표현한다. Message박스는 카메라가 이동 객체를 추적하여 감지하여 이동할 블록의 좌표를 표시하고, 식 2를 이용하여 얻은 가중치 값을 표시한다.



그림 6. 침입자 추적 시스템 화면
Fig. 6. Display of surveillance system

4. Network 카메라와 모바일 로봇을 이용한 감시 시스템

4.1 시스템의 구성

본 논문에서 구현된 지능형 감시 시스템의 구성은 그림

7과 같이 구성되어 있다. 다른 네트워크 보안 장비와 연동이 가능한 모바일 로봇 구현이 목적이기 때문에 모든 통신 인터페이스를 유·무선 랜으로 구성되어 있다. 로봇과 Network Camera는 IP공유기(IP sharing device)와 연결되어 있으며, Private(사설) IP주소를 할당받아 사용된다.

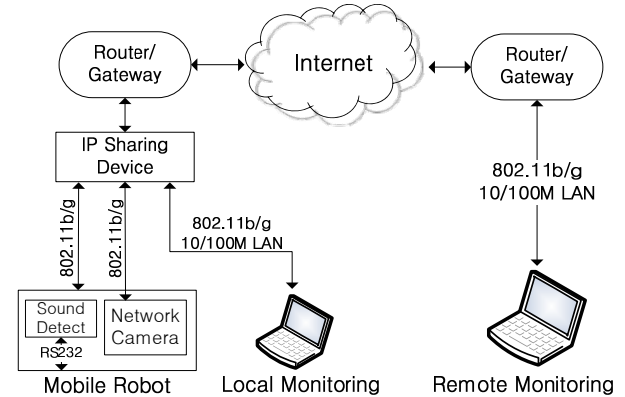


그림 7. 지능형 감시 시스템
Fig. 7. Intelligent surveillance system

4.2 침입자 추적 시스템의 구성

침입자 추적 시스템의 모니터링 화면은 그림 8과 같이 로봇에서 전송한 영상을 디스플레이, 로봇이 이동시 장애물을 회피하기 위한 초음파 센서 값을 나타내고 있다. Network Config는 로봇과 카메라에 접속하기 위한 IP, Port 설정을 위한부분이다. 또한 모니터링 시스템에서 로봇을 수동으로 컨트롤 할 수 있는 Robot Control 메뉴가 있다. System Display 버튼을 클릭 시 모달리스 대화 상자가 생성되며 입력영상, 검출 영상, 움직임 벡터, 트래킹 영상을 라디오 버튼을 선택하여 디스플레이 할 수 있다. 시스템 로그, 동작 메시지, 움직임 벡터 위치 등은 Message box에 표현이 된다.



그림 8. 모니터링 시스템
Fig. 8. Surveillance monitoring system

5. 실험 및 결과

5.1 Pan-Tilt 카메라와 음원 추적 모듈 실험

시스템의 정확성을 알아보기 위하여 거리와 방향에 따른 음원 영역 구분 실험과 영상을 이용하여 객체를 추적하는 실험을 하였다. 음원의 위치 파악의 목적은 정확한 음원의

위치를 찾아내는 것이 아니었기 때문에 예상한 결과와 같았다. 그림 3의 영역구분을 할때 카메라와 거리가 멀어 질수록 영역이 바뀌어 나타나는 경우도 있었지만 카메라의 화각(92°)이 이를 커버 할 수 있기 때문에 추적 시스템의 성능에는 크게 영향을 미치지 않았다.

그림 9는 음원보드와 2m떨어진 곳의 문을 통하여 객체가 출현 하여 음원이 발생했을 경우의 마이크1과 마이크 3의 파형을 나타낸 것이다. 소리는 하나의 주파수로 구성된 순음이 아니라, 여러 주파수들이 혼합된 복합음이나 음원보드의 피크값 검출 회로를 거쳐 양의 값만을 가지는 테스트 포인트를 측정했기 때문에 그림 9와 같은 파형이 측정 됐다.

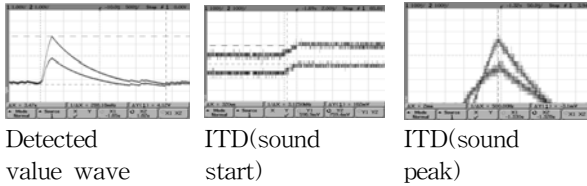


그림 9. 음원 추적 실험 결과
Fig. 9. Experiment of sound source tracking

5.2 Network 카메라와 모바일 로봇 실험

지능형 감시 시스템의 성능 검토를 위해 임의의 침입자가 출현하여 음원발생 후 그림 10과 같은 경로로 이동할 경우 로봇이 모니터링 시스템에 영상을 전송하고, 모니터링 시스템에서 침입자 이동 정보를 전송하여 로봇이 침입자를 추적하는 과정에 대해 실험 하였다.



그림 10. 침입자 이동 경로
Fig. 10. Mobile course of intruder



그림 11. 로봇의 침입자 추적
Fig. 11. Intruder tracking of robot

그림 11은 침입자가 그림 10과 같이 ①~④경로로 이동할 경우 모바일 로봇이 추적하는 화면을 나타내고 있다. 그림 11의 이미지는 로봇이 추적하는 이미지와 로봇이 모니터

링 시스템으로 전송하는 이미지로 서로 같은 상황에서의 이미지이다. 로봇에 탑재된 네트워크 카메라에서 획득한 이미지는 모니터링 시스템으로 전송된다. 모니터링 시스템에서는 실시간으로 스트리밍 받은 영상을 이용하여 연속된 두 영상을 그레이 스케일 이미지로 변환한 후 두 이미지의 차 영상을 얻는다. 차 영상을 이진 영상을 변환 후 모폴로지(morphology) 기법인 침식(erosion), 팽창(dilation) 연산의 전처리 과정(pre-processing)을 거쳐 잡음을 제거한 후 그림 12(좌하)과 같은 검출 이미지를 생성한다. 블록 매칭 알고리즘을 이용하여 움직임 벡터를 구하기 위해서는 연속된 두 영상을 그레이 스케일 이미지로 변환을 한 후 식 (1)에 의해 움직임 벡터를 추출 한다. 추출된 벡터를 표현하기 위해 이전 영상에서 다음 영상으로 움직임 방향을 그림 12(우하)와 같이 표시 하였다. 객체가 그림의 오른쪽에서 왼쪽으로 이동하였기 때문에 벡터 표현이 가로 방향으로 나타난 것을 볼 수 있다. 움직임 벡터를 표시하기 위해 입력 받은 컬러 이미지에 움직임 벡터가 나타난 부분을 그림 12(상좌)와 같이 빨간 사각형으로 표시 하였다.

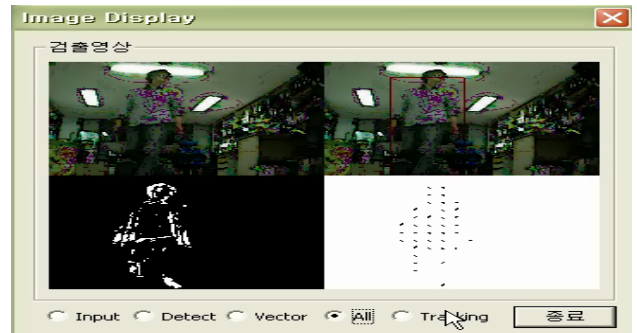


그림 12. 침입자 추적 이미지
Fig. 12. Tracking image of intruder

6. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 영상과 음성을 이용한 침입자 추적 알고리즘을 실험하기 위해 다음 두 가지 시스템을 구현 하였다.

첫째, Pan-Tilt 카메라와 음원 추적 모듈을 이용한 시스템은 침입자의 유효 영상을 얻기 위한 소스로 음원 추적 모듈을 이용했다. 카메라를 이용하여 계속 검색하는 방법보다 침입자 추적에 있어 더욱 효과적이었다. Pan-Tilt 카메라를 사용했지만 침입자의 거리가 멀 경우에는 유효 영상을 얻지 못하였다. 또한 카메라의 Pan-Tilt 속도는 90°/sec 이기 때문에 추적 객체가 빠른 속도로 움직일 경우 카메라가 추적 객체를 따라가지 못하는 경우가 발생 하였다. 이에 따라 Zoom 기능을 포함하고 Pan-Tilt속도가 빠른 PTZ(Pan-Tilt-Zoom)카메라를 이용하여 향후 효과적인 시스템 구현이 이루어져야 할 것이다.

둘째, Network 카메라와 모바일 로봇을 이용한 시스템은 Network Camera와 음원 추적 모듈을 탑재한 모바일 로봇을 이용한 지능형 감시 시스템 구현 및 적용 실험을 하였다. 침입자가 이동함에 따라 로봇이 모니터링 시스템에 영상을 스트리밍하고, 모니터링 시스템은 영상을 이용하여 움직임 벡터를 추출하고 이동경로를 파악하였으며, 로봇은 모니터링 시스템으로부터 받은 좌표 데이터를 이용하여 이동함으로써 객체 추적을 수행 하였다. 로봇의 전송 영상은 로봇의

낮은 높이로 인해 영상의 기울어짐이 발생 하였다. 이에 영상을 보정할 수 있는 대안이 필요하다.

향후 연구는 본 논문에서 구현한 2가지 시스템을 연동하는 시스템을 구현할 것이다. Pan-Tilt 카메라와 음원 추적 모듈을 결합한 시스템과 다수의 네트워크 카메라를 일정 구간별로 설치를 한뒤 영상에서 Motion Vector을 추출하여 침입자의 이동 경로를 예측하여 침입자를 추적한다. 각 구현된 시스템에서 문제점을 보완하고 서로 연동이 가능한 시스템을 구현하여 지능형 무인 감시 시스템으로 신뢰성을 더할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] C.Micheloni, G.L. Foresti, L. Snidaro, "A network of co-operative cameras for visual surveillance," *IEEE Proc. of Visual Image Signal Processing*, vol. 152, no.2, 2005.
- [2] A.W. Senior, A. Hampapur, M Lu "Acquiring Multi-Scale Images by Pan-Tilt-Zoom Control and Automatic Multi-Camera Calibration," *Proc. of Seventh IEEE Workshop on Applications of Computer Vision*, vol. 1, pp. 433-438, 2005.
- [3] Y.Shimosasa, J.Kanemoto, K.Hakamada, H.Horii, T. Ariki, Y. Sugawara, F. Kojio, A. Kimura, and S. Yuta," Some results of the test operation of a security service system with autonomous guard robot," *Proc. 26th Annu. Conf. IEEE industrial Electronics Society*, vol, 2000, pp.405-409
- [4] R. C. Luo, S. H. Shen, K.L. Su, and T.C. Chang, "Remote mobile security system using personal digital assistant(PDA) for Security robot," *Proc IEEE/ASME Int. Conf. Advanced Manufacturing Technologies Education 21st Century*, 2002.
- [5] J.N.K. Liu, Meng Wang, Bo Feng, "iBotGuard:An Internet-Based Intelligent Robot Security System Using Invariant Face Recognition Against intruder," *Proc IEEE*, vol. 25, pp. 97-105, 2005.
- [6] 이지연, 한민수 "지능형 서비스 로봇을 위한 원거리 음원추적기술," *대한음성학회지*, 제57호, pp. 85-97, 2006.
- [7] 특허-특허권자:(주)조원정보, "감시시스템에서의 음원 탐지 및 제어 방법," 출원번호 10-2003-0010086.
- [8] 조재수, 강현수, 김홍수, 김성득 공저, *멀티미디어 신호처리*, 사이텍미디어
- [9] Kyoung-Jin Park, Hae-Gang Lee, In Hun Jang, Kwee Bo Sim, "Object Position Tracking Algorithm of Intelligent Robot using Sound Source and Absolute Orientation," *J. of KFIS*, Vol. 17, No. 2, pp. 208-213, 2007.
- [10] Yong-Sheng Chen, Yi-Ping Hung, Chiou-Shann Fuh, "Fast Block Matching Algorithm Based on the Winner-Update Strategy," *IEEE transactions on image transactions on image processing*, vol. 10, no. 8, August 2001.
- [11] Paul L. Rosin, "Thresholding for Change Detection," Brunel University, technical report ISTR, 1997.

- [12] J. L. Barron, et.all, "Systems and Experiment: Performance of Optical Flow Techniques," *Int'l J. of Computer Vision*, vol. 12, pp. 43-77, 1994.
- [13] Y. Q. Shi and X. Xia, "A Thresholding Multiresolution Block Matching Algorithm," *IEEE Trans. on circuit and susem for video technology*, vol. 7, no. 2, April 1997.

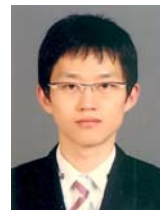
저 자 소 개



박정현(Jung-Hyun Park)

2003년 : 배재대학교 전자공학과 공학사
2003년~2006년 : (주)내일커뮤니티 연구원
2008~현재 : 중앙대학교 전자전기공학부 석사과정

관심분야 : Intelligent mobile robot, Humanoid robot, Embeded system, Artificial Brain.등



김형복(Hyung-Bok Kim)

2009년 : 중앙대학교 전자전기공학부 공학사
2009년~현재 : 중앙대학교 대학원 전자전기공학부 석사과정

관심분야 : Intelligent Robot, Sound and Image Processing.



오정석(Jung-Suk Oh)

2009년 : 중앙대학교 전자전기공학부 공학사
2009년~현재 : 중앙대학교 대학원 전자전기공학부 석사과정

관심분야 : Intelligent Robot, Embedded System, Image Processing.



심귀보(Kwee-Bo Sim)

1990년 : The University of Tokyo 전자공학과 공학박사
1991년~현재 : 중앙대학교 전자전기공학부 교수
[제19권 3호 (2009년 6월호) 참조]

Homepage URL : <http://alife.cau.ac.kr>