

모바일 로봇 및 네트워크 카메라 기반 지능형 감시 시스템 설계

A Design of Intelligent Surveillance System Based on Mobile Robot and Network Camera

박정현¹, 이민영², 심귀보¹

Jung-Hyun Park, Min-Young Lee and Kwee-Bo Sim

¹중앙대학교 전자전기공학부

(E-mail: kbsim@cau.ac.kr)

²(주)바이오인식

요 약

보안이 중요시 되는 공간에서 지능형 감시 시스템의 필요성이 점차 중요시 되고 있다. 본 논문에서는 embedded Linux 기반의 Mobile Robot에 Network Camera를 탑재 하여 침입자를 추적할 수 있는 시스템 구현에 목적을 두고 있다. Network Camera부터 Wireless Lan을 이용하여 서버로 영상을 전송하고, 서버에서 블록매칭 알고리즘을 이용하여 침입자의 이동경로를 파악하며 침입자에 대한 방향 정보를 전송하여 침입자를 추적한다. 로봇이 침입자를 추적함에 따라 침입자의 유효 영상을 얻는다. 본 논문에 의해서 구현된 시스템은 다른 감시 시스템과 연동하여 지능형 감시 시스템으로서 신뢰성을 더할 수 있다.

Key Words : Intelligent surveillance system, Tracking, Network Camera, Mobile Robot, Embedded Linux

1. 서 론

인터넷 망의 발달로 영상의 전송이 가능해짐에 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 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 Pan-Tilt 카메라를 조합하여, 고정카메라로 움직임을 감지하고, PTZ카메라를 이용하여 움직임을 추적함으로써 영상을 획득하는 방법이 제안되었다[2]. 이 방법 또한 카메라가 설치되지 않거나 사각지대에서는 유효 영상을 얻을 수 없는 방법이다. 카메라가 설치되지 않은 장소에서도 유효 영상을 얻기 위해 효과적인 지능

형 감시 시스템은 자율 이동로봇을 이용하는 것이다. 자율 이동 로봇은 wheel-type 으로서 객체 추적이나 화제, 누수를 감지한다. 대부분의 로봇은 카메라를 탑재하여 임의의 장소를 순찰 하면서 모니터링 시스템으로 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 통하여 모니터링 할 수 있는 기능이 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 서버 컴퓨터를 필요로 하거나, 다른 카메라나 다수 이동 로봇에 탑재된 카메라와 연동하여 사용하기에는 어려움이 있다.

본 논문에서는 다른 네트워크 카메라나 네트워크를 이용하는 다른 감시 시스템과 연동이 가능한 인터페이스를 갖춘 지능형 감시 시스템을 구현하고자 한다. 무선 네트워크 카메라를 embedded Linux 기반의 Mobile robot에 탑재하여, 침입자의 이동 경로에 따라 로봇이 추적하여 감지 영상을 로컬 또는 원격지 모니터링

감사의 글 : 본 연구는 지식경제부 성장동력산업과제의 연구비 지원으로 수행되었습니다. 연구비 지원에 감사드립니다.

시스템으로 실시간 전송하는 시스템을 구현하고자 한다. 본 논문의 2장에서는 시스템 구성과 네트워크 카메라, Mobile robot에 대해 기술하고, 3장에서는 로봇에서 획득한 영상을 이용하여 침입자를 추적하는 알고리즘에 대해 기술한다. 4장에서는 제안한 시스템의 결과에 대해 기술하고, 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 과제에 대해 언급한다.

2. 지능형 감시 시스템의 구성

본 논문에서 구현된 지능형 감시 시스템은 네트워크 카메라를 탑재한 모바일 로봇과 로컬 네트워크나 원격지의 컴퓨터로 구성이 되어 있다. 모바일 로봇은 임의의 공간에서 획득한 영상을 모니터링 컴퓨터로 스트리밍 한다. 영상을 받은 컴퓨터는 영상에서 블록매칭 알고리즘 [6]을 이용하여 객체의 움직임을 감지한다. 감지된 움직임의 정보를 인터넷 망을 통하여 모바일 로봇으로 전송하여 로봇이 침입자를 추적하게 된다. 이때, 추적자의 이동 경로를 탐색하면서 유효 영상을 얻는다. 또한 모바일 로봇을 모니터링 시스템에서 수동 조정이 가능함에 따라 원격지에서 로봇이 위치한 임의의 공간의 영상을 획득할 수 있다.

2.1 시스템의 구성

본 논문에서 구현된 지능형 감시 시스템의 구성은 그림 1과 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 IP공유기와 연결되어 있으며, Private(사설) IP를 할당받아 사용된다. Public(공인) IP도 가능하지만 보안상의 이유로 공유기의 포트포워딩 기능을 이용하여 각각 4000번과 3001번의 포트를 이용한다. 모니터링 컴퓨터는 로컬 네트워크나 원격지에서 가능하다.

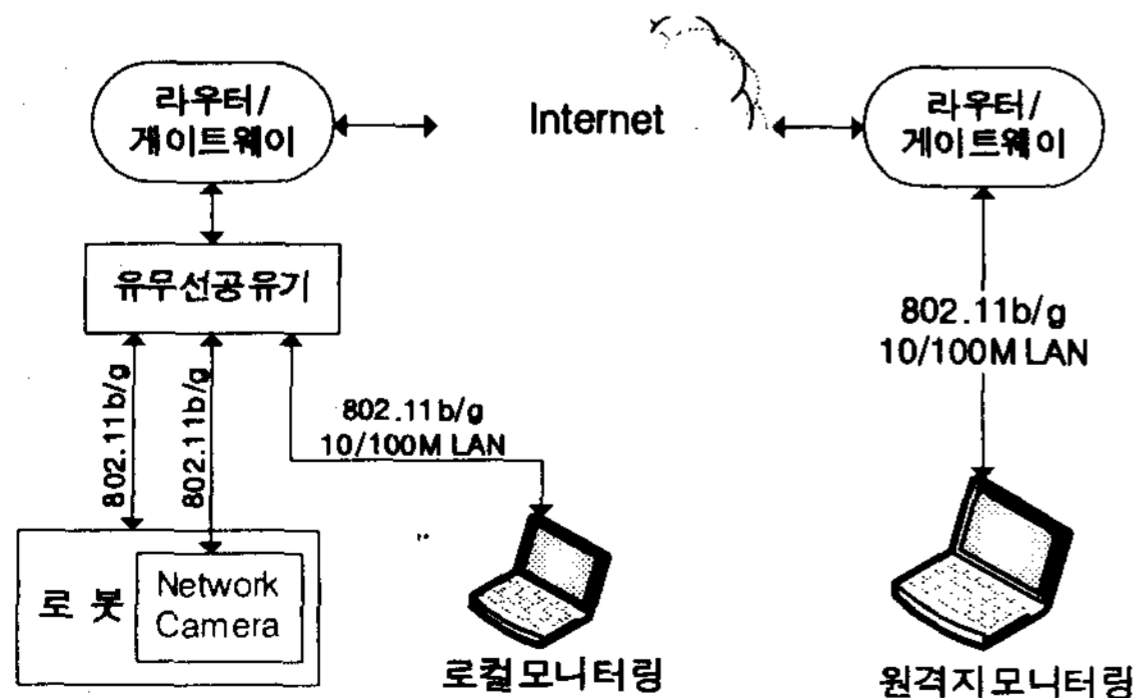


그림 1. 지능형 감시 시스템의 구성

2.2 Mobile Robot

본 감시 시스템에서 사용된 Mobile robot은 그림 2와 같다. Intel사의 32bit RISC CPU (PXA270)를 탑재한 휴먼스사의 EMBOT270을 사용하였고, 원격지 모니터링 시스템과 통신을 위하여 USB 타입의 무선랜을 장착하여 무선 IP 공유기를 통하여 원격지 모니터링 시스템과 TCP/IP 연결이 가능하다. 모바일 로봇에 탑재된 임베디드 보드는 리눅스 커널 2.6.18버전에 스태핑 모터와 무선랜, 초음파 센서를 포팅하였고, 어플리케이션은 gcc 컴파일러를 이용하여 크로스 컴파일 하였다.

2.3 Network Camera

Network Camera는 Motion JPEG와 MPEG-4를 동시에 지원하는 영상압축칩 ARTPEC-A을 내장하고 있으며, 유·무선 인터페이스를 가지고 있는 AXIS사의 AXIS207W를 사용하였다. AXIS사에서 제공하는 HTTP API를 이용하여 QVGA(320×240 pixels), Motion JPEG 영상을 25fps로 모니터링 시스템으로 전송받는다.

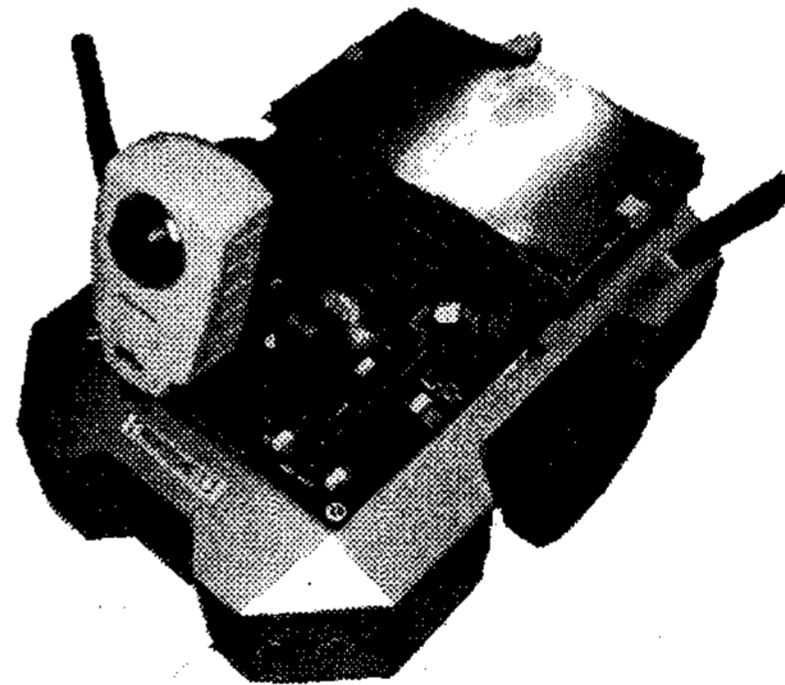


그림 2. 네트워크 카메라를 탑재한 모바일 로봇

3. 객체 추적 알고리즘

영상에서 객체의 움직임 정보를 추출하는 방법 중 가장 널리 사용하는 방법은 차 영상을 이용하는 방법 [7], 옵티컬 플로우(Optical flow) [8]와 블록 매칭(Block matching) [6] 방법 등이 있다. 차 영상을 이용하는 방법은 기준 영상과 참조 영상의 밝기 차이를 구한 차 영상(difference image)을 기반으로 움직임 정보를 추출에 임계화 방법을 사용하기 때문에 임계치에 따라 잡음이 이동물체로 검출될 수 있고, 이동 물체를 검출하지 못할 수 있는 문제점이 있다. Optical flow는 과도한 계산량을 요구하

기 때문에 실시간 처리에는 적당하지 않다.

따라서 본 논문에서는 영상의 압축에 사용하는 움직임 예측 방법 중 하나인 블록 매칭 움직임 추정 방법을 이용하여 영상 내 객체의 움직임 정보를 추출한다.

3.1 블록 매칭 움직임 추적 방법

블록매칭은 평균 절대값 차이 (MAD : Mean Absolute Difference)를 이용하여 두 블록의 유사도를 평가하는 것이다. 즉 t 번째 프레임 I_t 에서 좌표 $(k,1)$ 에 $M \times N$ 크기의 블록이 있다고 가정했을 때 이 블록과 $t-1$ 번째 프레임 I_{t-1} 에서 좌표 $(k+x,1+y)$ 에 위치한 블록과의 평균 절대 값 차이는 다음과 같이 계산한다[6].

$$MAD_{(k,l)}(x,y) = \frac{1}{MN} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} |I_t(k+i,l+j) - I_{t-1}(k+x+i,l+y+j)| \quad (1)$$

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

3.2 추적 객체 이동에 따른 로봇 이동 좌표

객체의 움직임이 검출되고 최소 MAD(Mean Absolute Difference)를 찾아 움직임 벡터로 인지를 하게 되면 로봇은 이 좌표로 이동을 해야 한다. 이를 위해 320×240 의 영상을 5×3 의 블록으로 나누어 MAD에 대해 그림 3(좌)과 같이 기준 임계치가 넘으면 1, 넘지 않으면 0의 값을 준다.

임계치가 할당된 그림 3(좌)의 값을 이용하여 식2와 같이 3×3 윈도우를 통과하여 최대 값을 가지는 블록이 카메라 이동 좌표가 된다. 식2는 5×3 각 블록 $B_{(j,i)}$ 에 대하여 블록 $B_{(j-1,i-1)}$ 에서 블록 $B_{(j+1,i+1)}$ 의 값을 참조하여 카메라를 이동할 블록의 가중치를 계산하는 식이다.

그림 3(우)은 그림 3(좌)의 영상을 이용하여 로봇의 이동 좌표를 구하였다. 최대 값을 가지는 블록 $B[1][3]$ 이 로봇의 이동좌표가 된다.

$$B_{dest}[y][x] = \sum_{j=-1}^1 \sum_{i=-1}^1 (2 * B_{src}[y][x] + B_w[y+j][x+i]) \quad (2)$$

$B[0][0]$	$B[0][1]$	$B[0][2]$	$B[0][3]$	$B[0][4]$	$B[1][0]$	$B[1][1]$	$B[1][2]$	$B[1][3]$	$B[1][4]$
0	0	0	0	1	0	0	1	3	4
$B[1][0]$	$B[1][1]$	$B[1][2]$	$B[1][3]$	$B[1][4]$	$B[2][0]$	$B[2][1]$	$B[2][2]$	$B[2][3]$	$B[2][4]$
0	0	0	1	1	0	1	2	5	4
$B[2][0]$	$B[2][1]$	$B[2][2]$	$B[2][3]$	$B[2][4]$	$B[3][0]$	$B[3][1]$	$B[3][2]$	$B[3][3]$	$B[3][4]$
0	0	1	0	0	0	1	3	3	2

그림 3. 이미지 분할(좌)과 로봇 이동 좌표(우)

4. 실험 결과 및 고찰

4.1 침입자 추적 시스템의 구성

침입자 추적 시스템의 모니터링 화면은 그림 4와 같이 로봇에서 전송 영상 디스플레이, 로봇의 초음파 센서의 값, 로봇과 카메라에 접속하기 위한 IP, Port 설정 및 로봇의 수동 컨트롤 메뉴가 있다. System Display 단추를 클릭시 모달리스 대화 상자가 생성되며 그림 5와 같이 입력영상, 검출 영상, 움직임 벡터가 출력된다.



그림 4. 침입자 추적 시스템 화면

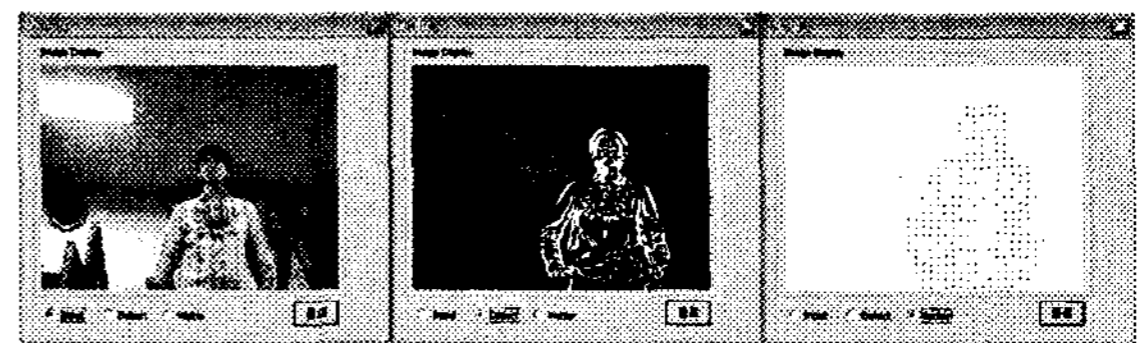


그림 5. 검출영상과 움직임 벡터

4.2 실험 방법

지능형 감시 시스템의 성능 검토를 위해 임의의 침입자가 출연하여 그림 6과 같은 경로로 이동할 경우 로봇이 모니터링 시스템에 영상을 전송하고, 모니터링 시스템에서 침입자 이동 정보를 전송하여 로봇이 침입자를 추적하는 과정에 대해 실험 하였다.



그림 6. 침입자 이동 경로

4.3 실험 결과

그림 7은 침입자가 그림 6과 같이 ①~④경로로 이동할 경우 모바일 로봇이 추적하는 화면을 나타내고 있다. 그림 8은 로봇이 침입자를 추적함에 따라 로봇에 탑재된 네트워크 카메라가 원격지의 모니터링 시스템에 영상을 전송한 후 블록 매칭 알고리즘을 이용하여 침입자를 추적한 화면을 나타내고 있다.

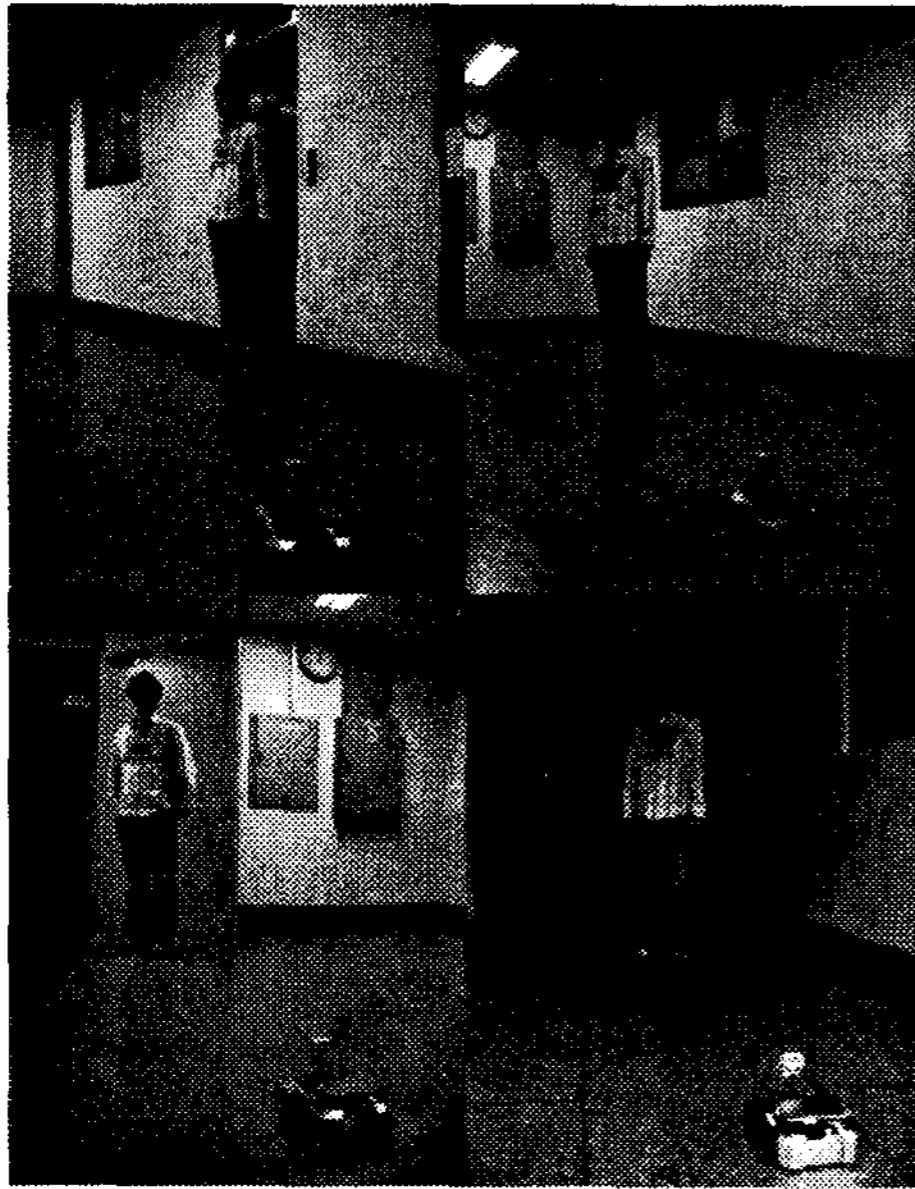


그림 7. 로봇의 침입자 추적

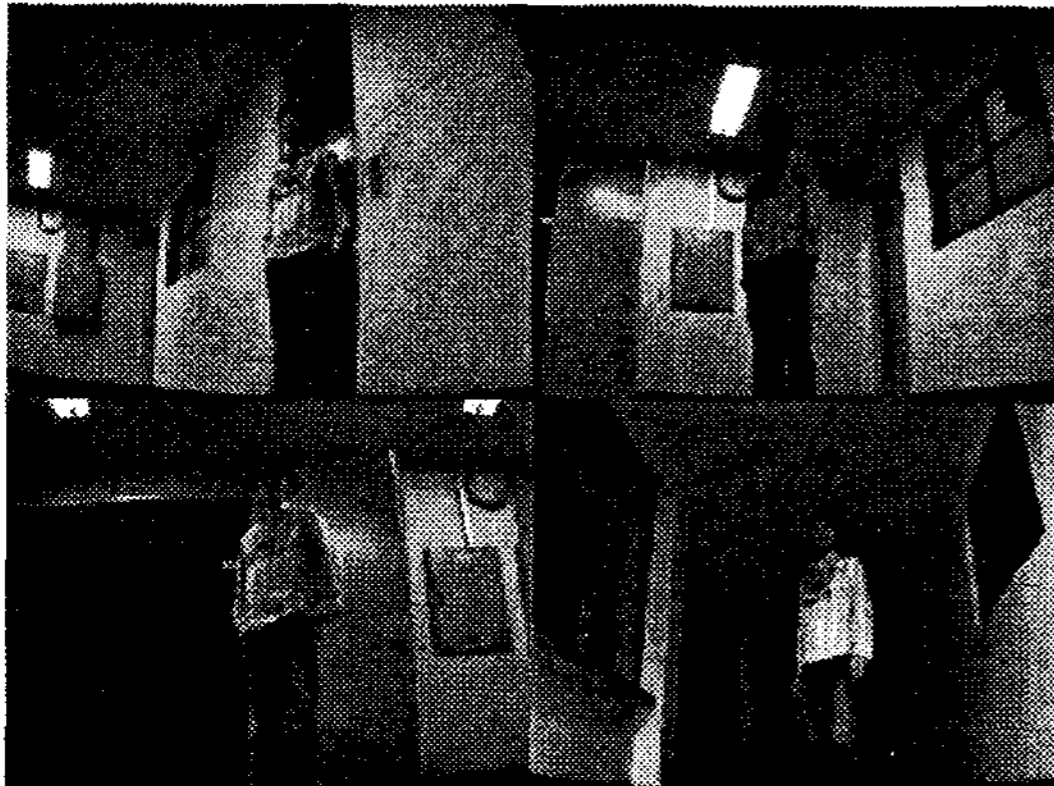


그림 8. 로봇의 침입자 영상 전송

5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 더욱 효과적인 감시 시스템 구현을 위해 모바일 로봇을 이용한 지능형 감시 시스템을 구현 및 적용 실험을 하였다. 실험 결과 침입자가 이동함에 따라 로봇의 추적 및 영상 전송을 확인 할 수 있었다. 그러나 로

봇의 전송 영상은 로봇의 낮은 높이로 인해 영상의 기울어짐이 발생 하였다. 이에 영상을 보정할 수 있는 대안이 필요하다. 또한 다수의 네트워크 카메라와 본 논문에서 구현한 모바일 로봇과 연동하여 서로의 정보를 교환하는 신뢰성 있는 지능형감시 시스템 구현이 요구 된다.

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 Porcessing*. 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, pp97-105, 2005
- [6] 황선규, 영상처리 프로그래밍, Hanbit Media , 2007.
- [7] Paul L. Rosin, "Thresholding for Change Detection," *Brunel University, technical report ISTR*, 1997.
- [8] 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.