

인터프레임 확률분포 분석에 의한 비디오 감시 시스템 설계 구현

류광렬* · 김자환*

Video Surveillance System Design and Realization with Interframe Probability Distribution Analyzation

Kwang Ryol Ryu* · Ja Hwan Kim*

요 약

본 논문은 인터프레임 확률분포에 의한 비디오 감시 시스템 설계 구현에 관한 것이다. 시스템은 비디오 분석 알고리즘과 표준 JPEG 압축 알고리즘을 처리하기 위해 고성능 DSP 프로세서 기반으로 구현된다. 비디오 분석은 가중치, 평균, 분산의 3변량정규분포에 의한 인터프레임 확률분포 분석을 이용하여 특정 영역에 물체를 검출하는 알고리즘을 사용한다. 실험 결과, 시스템 처리시간이 D1(720x480) 영상 프레임 당 85ms 소요되었고 초당 12프레임 정도 처리한다. 규칙에 따른 특정영역 물체감사는 움직임 빠르지 않는 물체에 대해 100% 검출되었다.

ABSTRACT

A system design and realization for video surveillance with interframe probability distribution analyzation is presented in this paper. The system design is based on a high performance DSP processor, video surveillance is implemented by analyzing interframe probability distribution using trivariate normal distribution(weight, mean, variance) for scanning objects in a restricted area and the video analysis algorithm is decided for forming a different image from the probability distribution of several frame compressed by the standardized JPEG. The system processing time of D1(720x480) image per frame is 85ms and enables to process the system at 12 frames per second. An object surveillance about the restricted area by rules is extracted to 100% unless object is moved faster.

키워드

Interframe probability distribution, video surveillance, video system, JPEG, DSP

I. 서 론

네트워크 기반의 멀티미디어 서비스가 다양화 되면서 카메라에 의한 이동물체의 위치 및 패턴을 분석하여 생성된 영상정보를 해양, 항공, 의학, 산업, 군사, 환경 등 다양한 분야에서 응용하는 연구가 진행이 되고 있다. 대표적인 응용분야가 비디오 감시 및 보안 시스템이다. 기존 비디오 감시 시스템의 경우, 실시간으로 전송되는 비

디오 영상을 운영자가 직접 눈으로 보고 감시 및 판단하는 수동적인 방법에 의존을 하기 때문에 연속적 추적감시에 대한 경계 및 보안상의 취약점이 노출 되고 있다. 또한 전송된 모든 영상을 저장 매체에 기록하는 방식으로 구현됨에 따라 특정 영상을 검색하는데 비교적 많은 시간이 소요되고 저장 공간 및 유지비용이 상대적으로 증가한다. 이에 비해서 비디오 영상분석 알고리즘을 이용하여 특정영역 내에 침입물체가 검출되었을 경우에

* 목원대학교 전자공학과

접수일자 2008. 05. 30

만 영상데이터를 전송하고 저장하여 보안 운영자에게 경고신호를 발생하고 알림으로써 경계 보안의 취약점 해소와 특정영상을 빠른 시간 내에 검색과 저장 공간 및 유지비용 절감의 이점이 수반된다.[1-8] 따라서 본 논문에서는 JPEG 압축영상을 기반으로 인접 프레임 간 영상의 배경영상과 이동물체의 특징분석한다. 변량정규분포 모델을 기반으로 인터프레임 확률분포 분석 알고리즘을 적용한다. 또한 처리속도 향상을 위해 고성능 DSP 프로세서 기반의 임베디드 하드웨어 시스템을 설계하고, 네트워크 운영의 실시간처리 비디오 감시 시스템을 구현한다.

II. 시스템 설계 구현

2-1. 시스템 구성

비디오 시스템 구성은 비디오 신호를 받아서 알고리즘을 수행하고 압축된 데이터를 전송하는 블록으로 구성이 된다. 그림 1은 설계 구현을 위한 비디오 시스템 블록이다. 신호처리 모듈의 구성은 그림 1과 같이 다채널 입력의 비디오 디코더는 카메라로부터 입력된 영상 데이터를 샘플링 하여 디지털 데이터화 한다. DSP 프로세서는 입력된 디지털 데이터를 영상에 대한 전처리 과정을 수행한 후, 영상에 대해 비디오 분석 알고리즘과 JPEG 압축 알고리즘을 수행하고 생성된 데이터를 네트워크를 통하여 데이터를 전송한다. 따라서 실시간 알고리즘 처리를 하기 위해서는 고성능의 DSP 프로세서 기반의 임베디드 하드웨어가 필요하다.

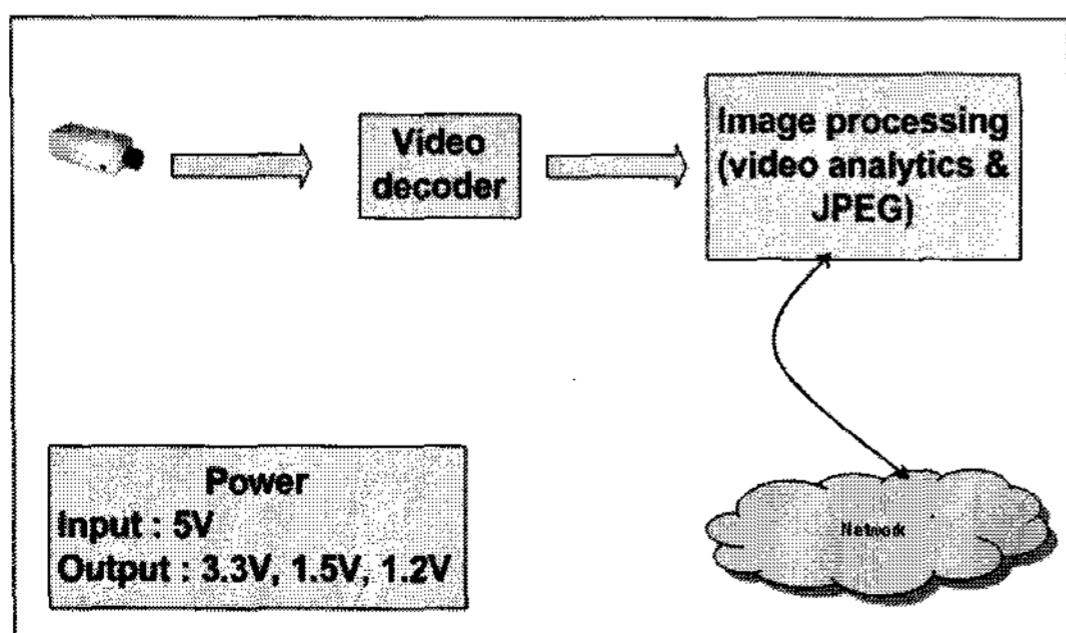


그림 1. 시스템 구성도
Fig. 1. System configuration

DSP 프로세서는 내부에 비디오 블록이 포함되어 있어 외부의 부가 로직 없이 인터페이스 할 수 있는 32bit 고성능의 디지털 미디어 프로세서를 선정한다. 인코더와 디코더가 내장되어 있고, 1 사이클에 8개의 명령을 실행 시킬 수 있는 ALU 코어를 가지고 있어 고속으로 연산을 수행하는데 적합하다. 알고리즘 구성은 그림 2와 같이 전처리 과정, 비디오 분석 알고리즘 처리 과정, JPEG 압축 알고리즘 처리 과정으로 구성된다. 전처리 과정은 비디오 분석을 위해 이미지 데이터 Y, Cb, Cr에서 Y값만 사용하고 비디오 분석시 연산량이 많이 소요되므로 영상 크기를 720 x 480에서 360 x 240 크기의 영상으로 재구성한다. 비디오 분석 과정에서는 배경 이미지 (background)와 물체 영역(foreground)을 분리하고 움직임이 발생한 물체가 있는지 검출한다. 여기서 배경 이미지와 물체를 검출하기 위해 인터프레임 확률분포를 이용한다. 물체검출 블록에는 사람이나 차량을 구분하고 알고리듬과 물체의 좌표와 크기를 계산한다. 또한 움직임이 있는 영상 데이터를 상위 운영서버에 저장하기 위해 영상압축 알고리듬인 표준 JPEG를 이용하여 생성된 스트림 데이터와 움직임이 발생한 물체의 좌표와 크기를 네트워크를 통해 전송한다.

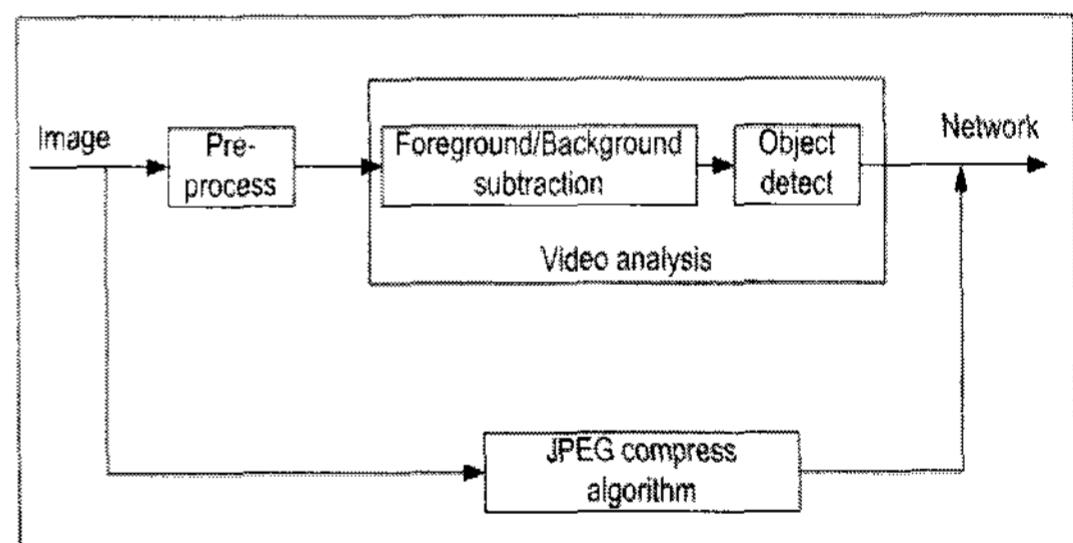


그림 2. 비디오 분석과 JPEG
Fig. 2. Video analysis and JPEG

2-2. 인터프레임 확률분포

본 논문에서는 배경 이미지와 움직이는 물체를 구분하기 위해 영상의 각각 픽셀에 대해 5개의 확률분포 모델로 구성한다. 확률분포 모델은 식 (1)과 같이 표현한다.

$$P = \sum_{i=1}^5 \pi_i N_3(\mu_i, \Sigma_i) \quad (1)$$

여기서, $\pi_i \geq 0, i = 1, \dots, 5$ 또한

$$\sum_{i=1}^5 \pi_i = 1$$

π_i 는 가중치, $N_3(\mu_i, \Sigma_i)$ 는 벡터 평균 μ 과 분산-공분산 행렬(variance-covariance matrix) Σ 에 따른 변량정규 분포이다. 가중치, 평균, 분산의 3변량정규분포(trivariate normal distribution)에서 분산-공분산 행렬 Σ 를 식(2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$P = \sum_{i=1}^5 \pi_i N_3(\mu_i, \sigma_i^2) \quad (2)$$

여기서, σ_i^2 는 분산.

확률 분산 모델인 변량 정규 분포 모델은 가중치 π_i , 평균 μ_i , 분산 σ_i^2 값의 변화에 따라 결정된다. 결정된 확률 분포 모델에 의해서 움직이는 물체와 배경 영상을 분리 할 수 있다. 그림 3은 영상에 따른 임의의 픽셀에 대한 확률 분포를 나타낸 것이다. 그림 3에서 보는 것과 같이 t_0, t_1, t_2 영상의 모든 픽셀에 대해 확률분포 값을 계산하여 분포 값을 보면 움직임이 있는 물체의 경우 가중치 값이 0에 가깝고 움직임이 없는 배경 영상은 255값에 가까운 값을 갖는 것을 알 수 있다. 이러한 특성을 이용하여 임계치 기준과 초기 설정된 5개의 확률 분포 모델의 값과 비교하여 배경 영상과 물체를 구분할 수 있다.

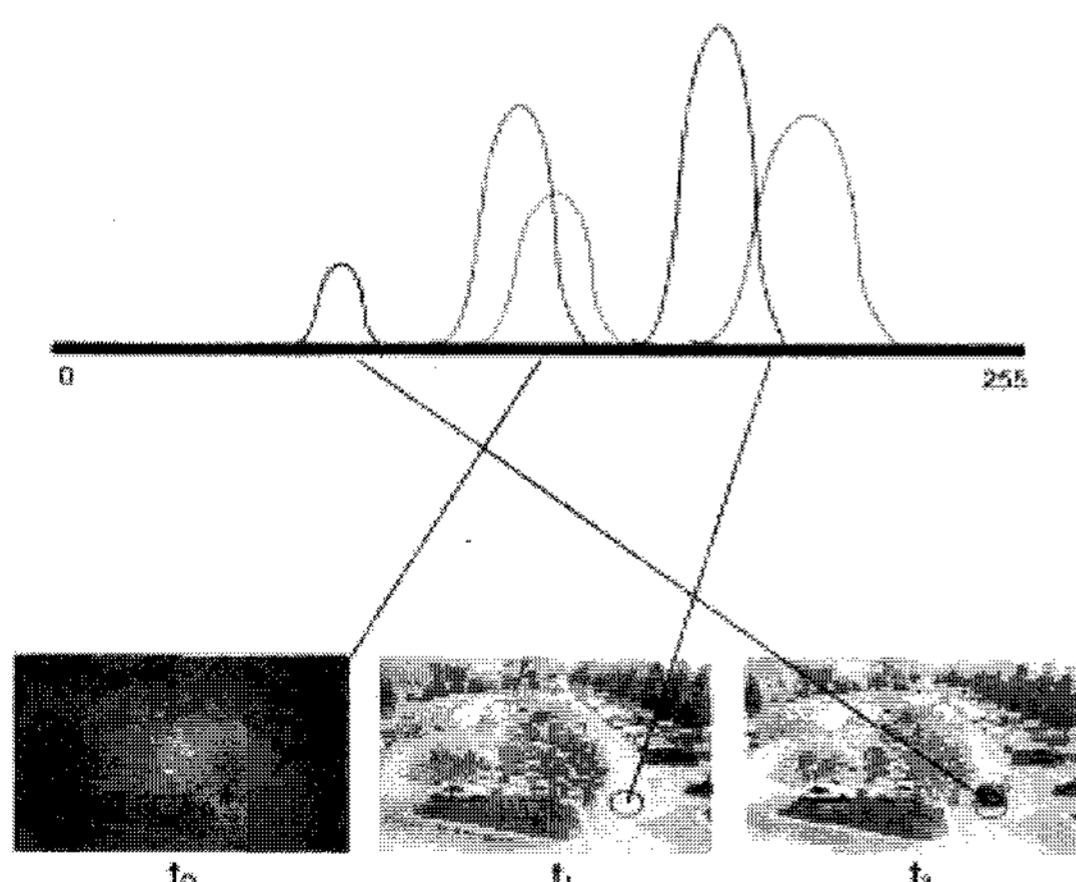


그림 3. 픽셀에 따른 확률분포

Fig. 3. Probability distribution on the pixels

그림 4는 확률 분포 모델을 이용하여 움직임이 있는 물체 (foreground)와 배경 (background) 영상을 구분하는 방법을 나타낸 그림이다.

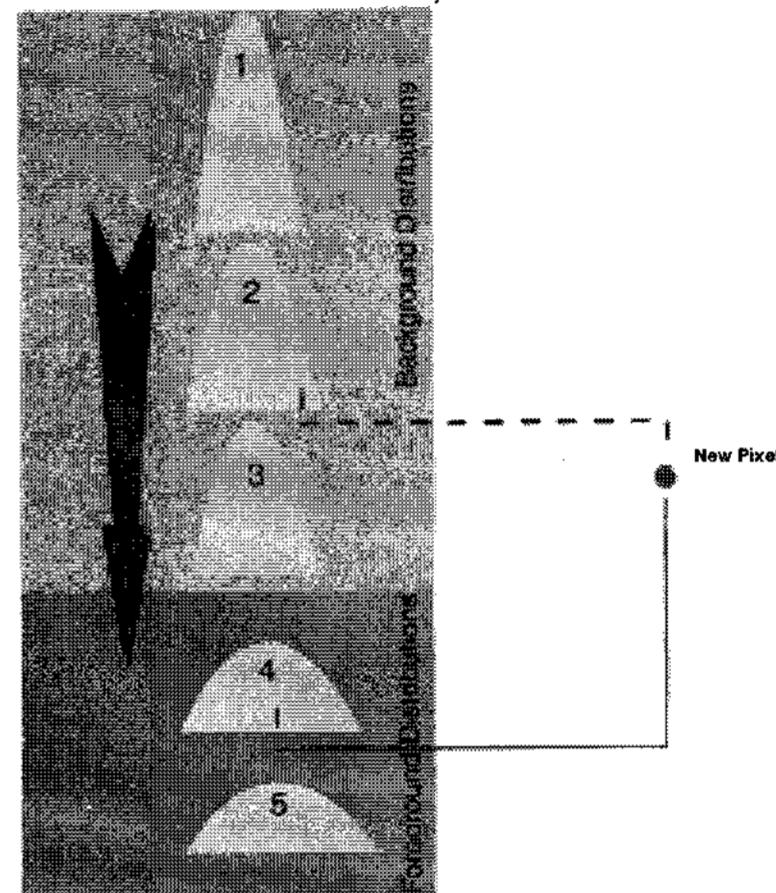


그림 4. 확률분포 모델

Fig. 4. Probability distribution model

변량정규분포 모델은 가중치 π 와 분산 σ 의 관계를 이용 확률 분포 모델 5개를 기준으로 1-3 모델은 배경 영상, 4-5 모델은 움직임이 있는 물체로 정의하고, 새로운 영상의 픽셀(new pixel)에 대한 변량정규분포 값과 비교하여 배경 영상과 물체를 결정한다.

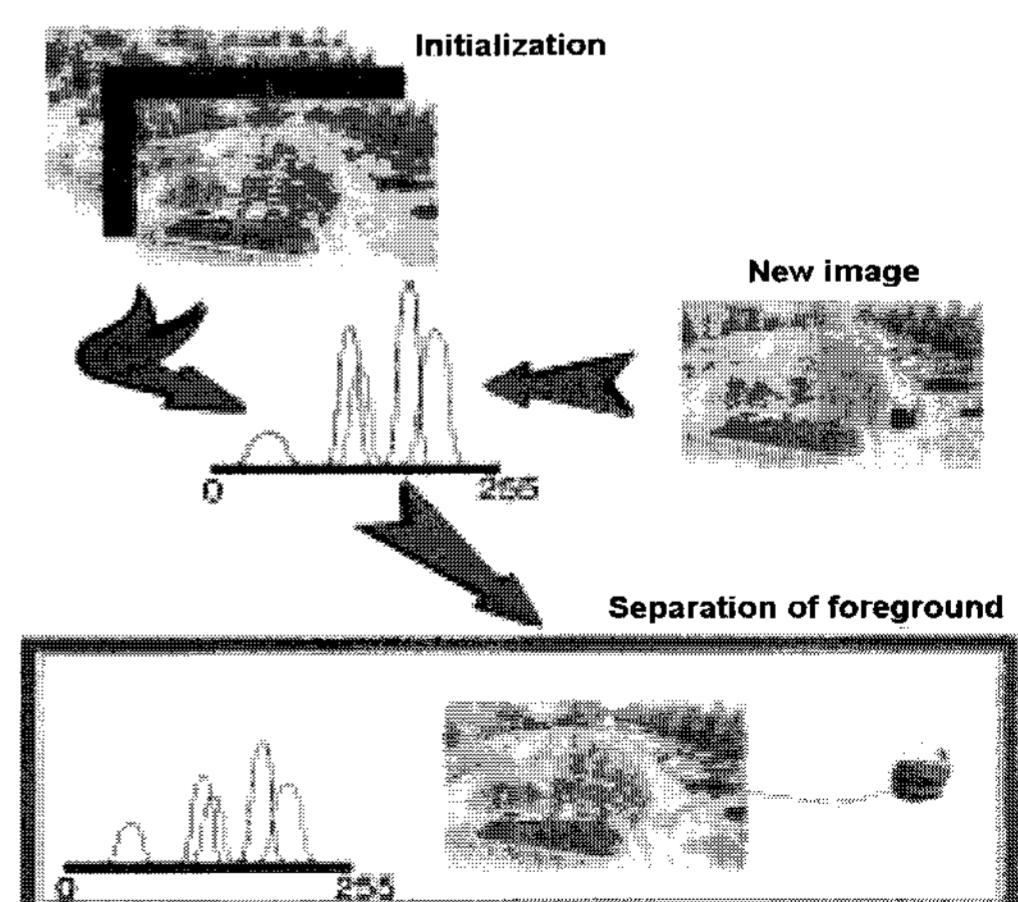


그림 5. 물체와 배경영상 분리 과정

Fig. 5. Separation of object and background images

그림 5는 확률분포 모델 초기화에서 물체와 배경을 분리하는 과정과 그림 6은 알고리듬 흐름도를 나타낸다. 그림 5와 그림 6에서와 같이 분리과정은 네 단계로 나눌 수 있다. 첫 번째, 확률분포 초기 모델 값은 초기화 과정 시 16프레임의 영상에 대한 확률분포 모델을 계산하고 16개의 확률분포 값을 5단계로 구분한다. 구분된 5단계 값을 5개의 확률분포 모델 초기값으로 설정한다. 두 번째, 새로운 영상에 대해 각 픽셀에 대한 확률 분포 값을 계산한다. 세 번째, 새로운 영상의 확률분포 값이 임계값과 확률분포 모델과 비교하여 물체인지 배경영상인지 판단한다. 네 번째, 다음 영상을 위해 확률분포 값을 확률분포 모델에 적용하여 배경영상의 변화에 따라 확률분포 모델을 갱신하고 물체의 위치좌표 및 크기를 계산한다.

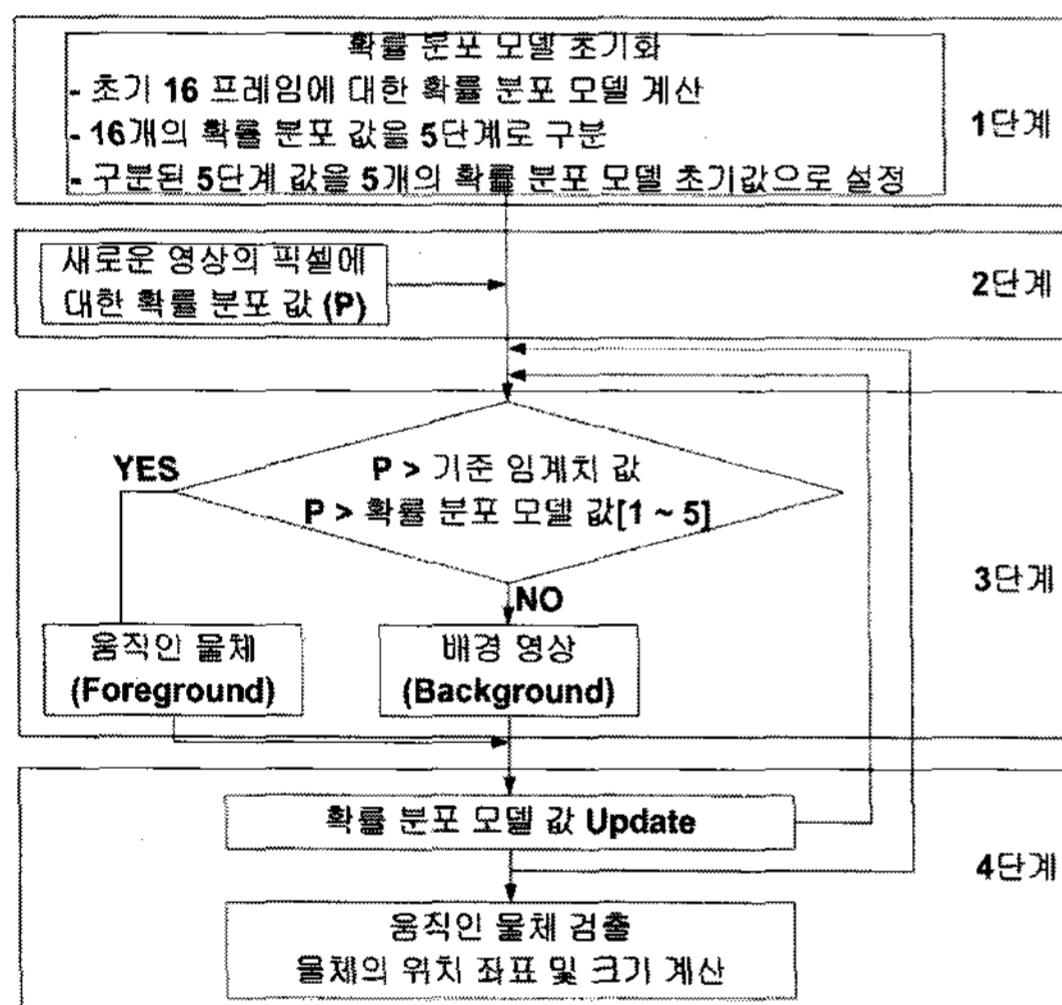


그림 6. 알고리즘 흐름도
Fig. 6. Algorithm flowchart

III. 실험 및 고찰

본 논문에서 설계 구현된 비디오 시스템은 DSP 프로세서 블록, 비디오 디코더 블록, 네트워크 블록, 전원 블록으로 구성된다. 그림 7은 구현한 비디오 시스템 보드 사진이다. 비디오 디코더 블록은 향후 입력 채널을 확장하기 위해 4:1 막스로 구성하였다. DSP 프로세서의 디지털 미디어 프로세서 블록은 알고리즘을 연산하기 위해

500MHz 클럭, 4000MIPS, 고속신호제어, 수치배열처리 등의 고성능 DSP 전용 프로세서와 메모리를 사용하여 구성하였다. 실험은 D1(720 x 480) 크기의 카메라 입력 영상을 사용한다.

표1. 시스템 처리 시간
Table 1. System processing times

항목	처리 시간
전 처리	1.5ms
인터프레임 확률분포 분석	73.1ms
표준 JPEG 압축	10.0ms
상위 전송 시간	0.4ms
프레임 당 처리 시간	85ms

실험 결과, 알고리즘 처리 시간이 표1과 같이 움직임이 있는 영상을 검출하는데 시간이 85ms 정도 소요되었다. 실시간 처리 한계는 1초당 12프레임 정도 처리 한다.

실험방법은 그림 8의 (a)와 같이 도로를 배경영상으로 설정한다. 이 배경영상에 (b), (c), (d)는 경계선에서 화살표 방향으로 물체가 움직임이 진행 되었을 경우, 움직인 물체를 검출하도록 설정한다. 그리고 (e)는 도로위에 사다리꼴 블록 안에서 물체의 움직임이 발생이 되었을 경우, 움직인 물체를 검출하도록 설정한다. 그림 9은 그림 8에서 설정된 규칙에 따라서 실험 결과 얻어진 데이터이고 움직임이 발생한 물체에 대해서 블록으로 표시한다.

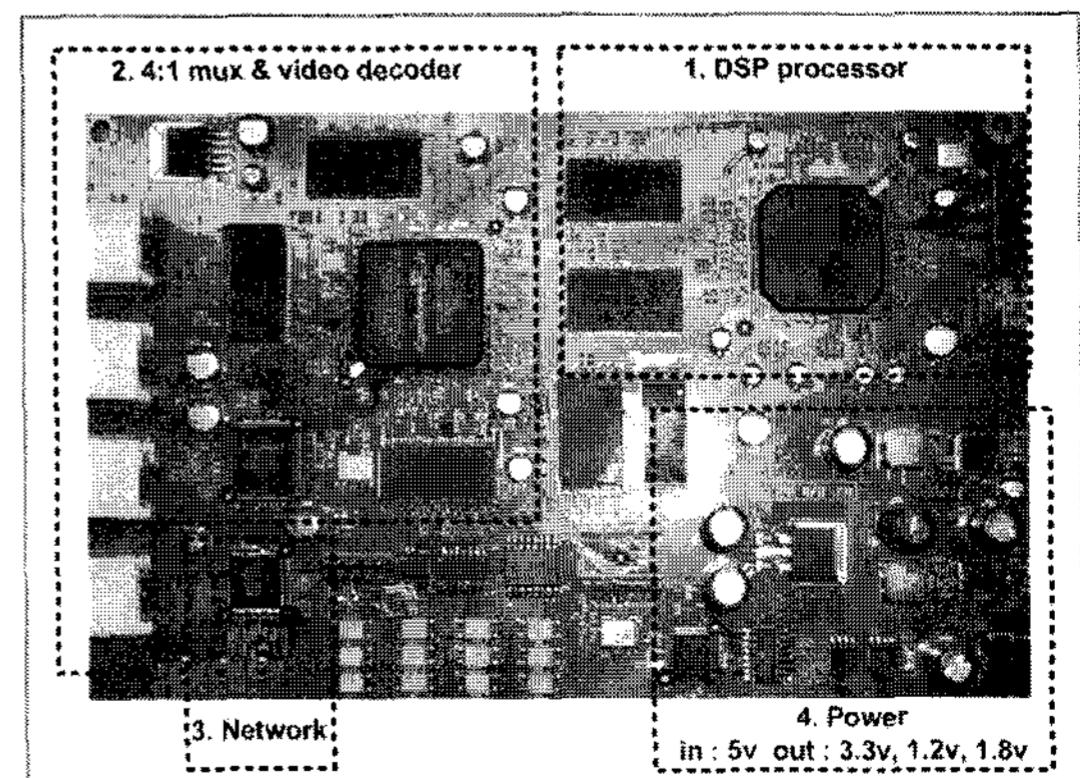


그림 7. 구현된 비디오 감시 시스템
Fig. 7. Realized video surveillance system

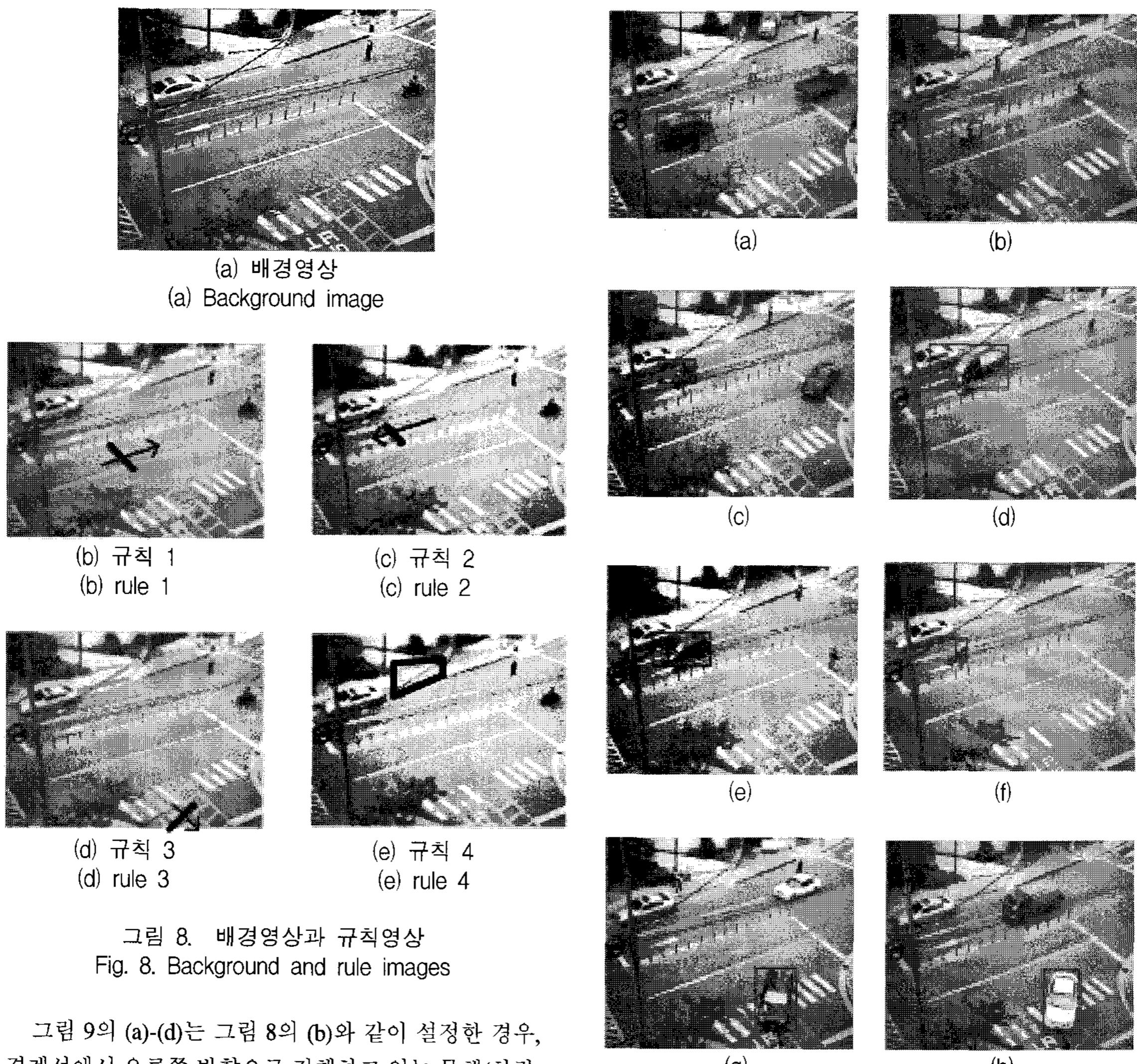


그림 8. 배경영상과 규칙영상
Fig. 8. Background and rule images

그림 9의 (a)-(d)는 그림 8의 (b)와 같이 설정한 경우, 경계선에서 오른쪽 방향으로 진행하고 있는 물체(차량, 모터싸이클)를 검출한 영상이다. 그림 9의 (e)-(f)는 그림 8의 (c)와 같이 설정한 경우, 경계선에서 왼쪽 방향으로 진행하고 있는 물체를 검출한 영상이다. 그림 9의 (g)-(h)는 그림 8의(d)와 같이 설정하였을 경우, 아래 방향으로 진행하고 있는 물체(차량)를 검출한 영상이다. 그림 9의 (i)는 그림 8의 (e)와 같이 설정하였을 경우, 특정 영역에 움직이는 물체(사람)를 검출한 영상이다. 움직임이 빠르지 않은 물체 등은 100% 검출이 된다. 확률분포는 영상 최대 크기 256을 가중치 1로 정의하면 표 2와 같은 실험 영상 각각에 대한 가중치가 적용된다.

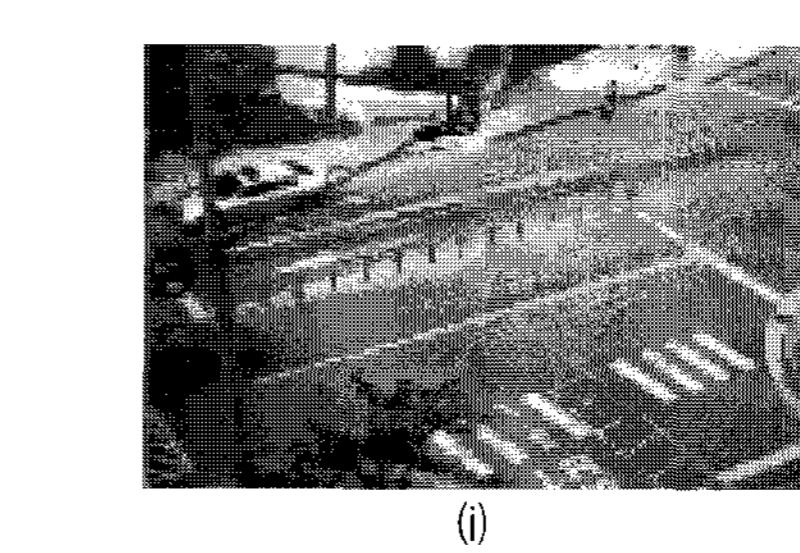


그림 9. 결과 영상
Fig. 9. Surveillance result images

표 2. 확률분포 가중치
Table 2. Weight values of Probability distribution

그림 8	가중치	그림 9	가중치
(b)	205	(a)	92
		(b)	68
(c)	195	(c)	62
		(d)	102
(d)	201	(e)	96
		(f)	110
(e)	211	(g)	62

IV. 결 론

본 논문에서는 고성능 디지털 미디어 프로세서를 기반으로 인터프레임 확률분포에 의한 비디오 감시 시스템을 구현 하였다. 실험 결과, 전체 시스템 처리시간은 85ms 소요 되었고 초당 12프레임을 실시간으로 처리한다. 규칙에 의한 특정영역의 감시는 사람, 자동차, 모터사이클의 경우 100% 검출이 가능하다. 앞으로 보다 빠른 비디오 감시 시스템을 위해 비디오 분석 알고리즘 최적화 및 알고리듬 하드웨어 구현의 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] Lin, I-Jong and Kung, S. Y. "Video object extraction and representation : Theory and applications", Kluwer, Sep. 2000
- [2] Zhang, Yu-jin(EDT), "Advances in image and Video Segmentation", idea group pub, May. 2006
- [3] Al Bovik, "Handbook of image and video processing", academic pr., June, 2005.
- [4] Vassilios morellas, "Urban surveillance system : from the laboratory to the commercial world", Proc. of the IEEE, Vol. 89, No.10, pp.1478-1497, 2001
- [5] Texas Instruments, TMS320C6000 CPU and Instruction set reference guide", 2003
- [6] Randy Crane, "A simplified approach to image processing", prentice hall, 1997
- [7] J. A. Ratches, "Aided and automatic target recognition

based upon sensory inputs from image forming systems", IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., vol. 19, pp. 1004-1019, Sept. 1997

- [8] E. Stringa and C. S. Regazzoni, "Real-time video-shot detection for scene surveillance applications," IEEE Trans. Image Processing, vol. 9, pp. 69 - 79, Jan. 2000.

저자소개



류광렬(Kwang Ryol Ryu)

1975년 광운대학교 공학사
1980년 경희대학교 공학석사
1988년 경희대학교 공학박사
1996~1997년 University of Pittsburgh
초빙교수

2006~2007년 University of Pittsburgh Medical Center
초빙교수
현재 목원대학교 전자공학과 정교수
※관심분야: 영상, 비디오, BME, 음성



김자환(Ja Hwan Kim)

1995년 목원대학교 공학사
1998년 목원대학교 공학석사
현재 목원대학교 대학원 IT공학과
박사과정

※관심분야: 영상 및 비디오 통신