

A Study on a effective Information Compressor Algorithm for the variable environment variation using the Kalman Filter

Jae-Yun Choi*

Abstract

This paper describes a effective information compressor algorithm for the fourth industrial technology. One of the difficult problems for outdoor is to obtain effective updating process of background images. Because input images generally contain the shadows of buildings, trees, moving clouds and other objects, they are changed by lapse of time and variation of illumination. They provide the lowering of performance for surveillance system under outdoor.

In this paper, a effective information algorithm for variable environment variable under outdoor is proposed, which apply the Kalman Estimation Modeling and adaptive threshold on pixel level to separate foreground and background images from current input image. In results, the better SNR of about 3dB~5dB and about 10%~25% noise distribution rate in the proposed method. Furthermore, it was showed that the moving objects can be detected on various shadows under outdoor and better result Information.

▶ Keyword: compressor algorithm, moving objects, adaptive threshold, Kalman Filter

I. Introduction

4차 산업 혁명에 적응하기 위한 정보 감시 알고리즘 (Information Surveillance Algorithm)은 다양하게 변화되는 카메라의 보급에 따른 사람에 의한 직접 감시 및 분석의 한계, 사후처리가 아닌 실시간 감시시스템에 대한 요구 증대, IT 기술의 급속한 발전 등에 따른 이들 기술들이 통합된 지능형 영상 감시 시스템으로의 새로운 진화를 요구하고 있다[1,2].

Information Surveillance System의 가장 기본적인 목표는 이미지 정보 획득을 위한 카메라를 통하여 획득된 영상 정보를 실시간으로 분석하여 자동으로 목표물 또는 이동물체를 탐지, 추적, 식별, 행위분석 및 검색하여 관찰된 객체의 행위나 상호작용을 해석하는 것이다[3,4]. 특히 컴퓨터, 통신, 영상처리 기술의 향상과 발달로 Information Visual Surveillance는 단순히 정보 감시에 필요한 장소에서 활용되는 것이 아니라 이동물체를 Recognition, Store, Transmission하여 효율적인 분석편의를 제공하는 Solution으로서 Surveillance System의 주요 요소로 부각되고 있고 연구도 활발하게 진행되고 있다.

Visual Surveillance System에서 이동 물체를 인식하는 Image Processing Algorithm은 선형적으로 처리되어야 할 과제이다. 기존 Surveillance System 및 Visual System들은 외부 환경의 조명변화에 대하여 고정적으로 설정하여 왔다. 다시 말해서, 노이즈 및 반사현상에 대하여 적응을 가지나 조명의 변화에 대하여 무시되었고 어두운 영상에 대한 정확한 물체 인식을 할 수 없었다. 특히 주야 배경환경과 조명환경에 따른 조건에서 발생하는 조명의 반사, 고스트 현상, 열화 현상, 급격한 조명변화 등은 물체인식 및 추적에 많은 오차를 발생시켰다 [3-6]. 이러한 영상을 입력으로 가진 Visual Surveillance System의 Image Processing Algorithm은 정확한 감시를 위해서 Image-Improvement 처리를 수행한다.[7]

Image-Improvement 처리의 주요 연구 방향은 조명환경과 배경환경에 대한 오차성분을 추출하고, 추출된 오차성분으로부터 물체를 인식 및 추적할 수 있도록 강인한 영상생성에 중요

*First Author: Jae-Yun Choi, Corresponding Author: Jae-Yun Choi

*Jae-Yun Choi (jychois@kopo.ac.kr), Dept. of Information Communication, Incheon Campus of Korea Polytechnic

*Received: 2018. 04. 03, Revised: 2018. 04. 08, Accepted: 2018. 04. 10.

성을 두고 있다.

따라서 본 논문에서는 조명광의 변화에 강인한 Filter를 설계하여, 효과적으로 배경과 전경을 분리하고 분리된 전경으로부터 이동 객체를 추출하는 정보 압축 알고리즘을 제안하였다.

II. Preliminaries

1. Related works

1-1. Characteristic of continuous information

연속되는 영상 정보에 대하여 순간적인 정지영상을 하나의 시간함수를 나타내는 변수로 고려하여 2.5차원 입체 형태의 주파수 성분으로 변환하여 정보 주파수 계수를 분석하여 여러 가지 단점을 보완하고자 하였다.

$N_R \times N_C$ 블록은 $N_F \times N_R \times N_C$ 로 표현되는 큐빅블록(cubic block)으로 확장할 수 있다. N_F 는 주파수 영역에서 시간축으로 큐빅블록을 고려한 $N_R \times N_C$ 블록의 연속적인 프레임 수를 의미한다.

- 2.5차원 주파수 성분은 식(1)과 같다.

$$S(w, v, u) = \alpha_{3D}(w, v, u) \sum_{z=0}^{N_F-1} \sum_{y=0}^{N_R-1} \sum_{x=0}^{N_C-1} s(z, y, x) \cos(t_1) \cos(t_2) \cos(t_3) \quad (1)$$

식(1)을 정규화된 주파수 신호로 만들기 위하여 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\hat{S}(w, v, u) = \sqrt{\frac{N_F N_R N_C}{8}} \frac{1}{C_w C_v C_u} S(w, v, u) \quad (2)$$

식(2)를 이용하여 식(1)을 다시 표현하면 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$\hat{S}(w, v, u) = \sum_{z=0}^{N_F-1} \sum_{y=0}^{N_R-1} \sum_{x=0}^{N_C-1} s(z, y, x) \cos(t_1) \cos(t_2) \cos(t_3) \quad (3)$$

여기서, 식(3)의 각 변수는 다음과 같다.

$$t_1 = \frac{(2x+1)u\pi}{2N_C}, t_2 = \frac{(2y+1)v\pi}{2N_R}, t_3 = \frac{(2z+1)w\pi}{2N_F},$$

$$\alpha_{3D}(w, v, u) = \sqrt{\frac{2}{N_F} \frac{2}{N_R} \frac{2}{N_C}} C(w) C(v) C(u),$$

$$C(k) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & k=0 \\ 1 & k \neq 0 \end{cases}$$

- $s(z, y, x)$: 시간영역의 샘플 픽셀 값

(N_F 영상 프레임 ($0 \leq z \leq N_F$))

- $S(w, v, u)$: 주파수영역의 계수

($N_F \times N_R \times N_C$ 큐빅블록)

- w, v, u : 시간과 수평/수직 주파수 변환영역에 대한 인덱스 (Index)

1-2. Separability of frequency region

주파수 성분을 연산하는데 가장 간단한 방법은 앞에서 표현한 식(1), 식(3)과 같은 이론적인 수식을 활용하여 $8 \times 8 \times 8$ 큐빅블록을 고려하는 것이다[7]. 이것은 다차원 주파수 성분을 일차원 주파수 성분으로 나누어 시리즈(series)로 분석한다는 것을 암시한다.

3차원 주파수 계수는 N_F 프레임을 각각 행(가로)과 열(세로)에 대하여 고속 알고리즘으로 연산하고 다시 시간축에 고속 1차원 주파수 계수를 연산함으로써 3차원 주파수 특성을 잘 반영된 계수를 얻게 된다.

Fig. 1은 $4 \times 4 \times 4$ 경우의 3차원 주파수 계수 연산 방법을 보여준다.

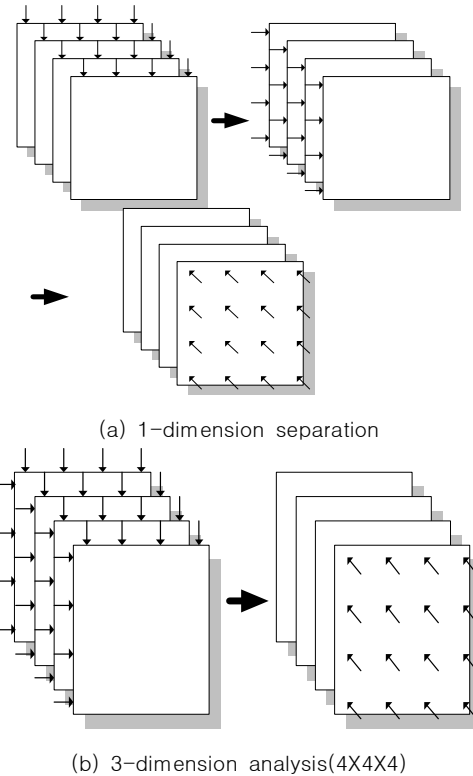


Fig. 1. separation character of frequency component

III. The Proposed Scheme

1. Kalman Filter Characteristics

칼만 필터란 잡음에 의해 간섭받는 선형 동적 시스템에서 상

태 벡터 x_k 의 최적의 추정치 \hat{x}_k 를 구하기 위한 순환적인(recursive) 알고리즘이다. 여기서 k 는 시간을 나타낸다. 칼만 필터링은 크게 예측(prediction), 측정(measurement), 수정(update)의 세 가지 단계로 나누어진다.

예측 단계에서는 다음 상태의 상태 벡터 $x_{k+1(-)}$ 과 상태 추정 오차의 공분산 행렬 $P_{k+1(-)}$ 을 예측하는 단계이다. (-)는 아직 측정을 통한 수정 단계가 이루어지지 않았음을 나타낸다. 상태 추정 오차의 공분산 행렬을 수식으로 표현하면 식(7)과 같다.

$$P_{k+1(-)} = E[(x_k - \hat{x}_k)(x_k - \hat{x}_k)^T] \quad (4)$$

예측 단계에서 이루어지는 상태벡터와 상태추정오차의 공분산 행렬의 예측을 나타내는 식은 각각 식(8)로 주어진다.

$$\begin{aligned} \widehat{x}_{k+1(-)} &= F(\widehat{x}_{k(+)} + w_k \\ P_{k+1(-)} &= P_{k(+)} + Q_k \end{aligned} \quad (5)$$

여기서 w_k 는 시스템의 모델잡음(model noise)이고, Q_k 는 w_k 의 공분산 행렬이다.

측정 단계는 다음 식(9)으로 표현된다.

$$z_k = H \cdot x_k + v_k \quad (6)$$

z_k 는 측정 벡터, H 는 상태벡터와 측정벡터사이의 관계를 나타내는 관측행렬(observation matrix), v_k 는 측정 오차를 나타내며, 모델잡음 w_k 와 측정오차 v_k 는 비상관(unrelated)되었다고 가정한다.

마지막으로 수정단계에서는 측정단계에서 구해진 측정값을 바탕으로 상태벡터와 상태 추정오차를 새로운 값으로 수정한다. 식(7)으로 표현하면 아래와 같다.

$$\begin{aligned} K_k &= P_{k(-)}H_k^T[H_kP_{k(-)}H_k^T + R_k]^{-1} \\ P_{k(+)} &= [I - K_kH_k]P_{k(-)} \\ \widehat{x}_{k(+)} &= \widehat{x}_{k(-)} + K_k[z_k - (H_k\widehat{x}_{k(-)})] \end{aligned} \quad (7)$$

여기서 R_k 는 측정 오차 v_k 의 공분산 행렬을 나타내고, K_k 는 칼만 이득(Kalman gain)을 나타낸다. 칼만 이득의 역할은 상태 벡터 x_k 를 수정할 때, 측정값과 추정값 사이의 차이(innovation)에 적절한 가중치를 주는 역할을 한다.

2. Background production process

CCD 카메라로부터 입력되는 영상은 기본적으로 카메라 시스템에 의한 잡음, 영상 획득 시 발생하는 잡음, 실내외 환경에서 제공하는 잡음성분을 내포하고 있다[4]. 그러므로 배경 변

화를 검출하기 위해서 입력되는 현재 영상과 이전영상으로부터 잡음을 분석하고 그 정보로부터 영상을 개선하여 안정적인 처리를 선행 할 필요가 있다. 여기서 발생하는 잡음들의 특성은 백색 가우시안 분포를 이룬다고 가정하며, 잡음의 발생 원인은 카메라 시스템 특성에서 발생되어지는 일정한 규칙성을 가지고 있는 잡음과 조명변화 또는 조명반사와 관련된 그림자, 열화, 고스트, 그리고 나뭇가지의 흔들림 등과 같은 현상에 의해 발생되어 질 수 있는 환경변화 조건 형태의 잡음이라 가정한다[5]. 이러한 조건에서 잡음 성분을 분석하여 배경을 재구성 할 수 있는 선형 칼만 예측모델 기법을 도입하고자 한다.

다음 Fig. 2는 칼만 예측 기법에 의한 배경 변화 검출 및 갱신하는 방법을 표현하고 있다.

순환적인 칼만 예측 모델은 카메라에서 입력되는 영상(현재 영상) $I_t(x,y)$ 에서 배경 영상 $S_t(x,y)$ 에 기반한 최적 선형 예측을 수행하기 위한 것이다.

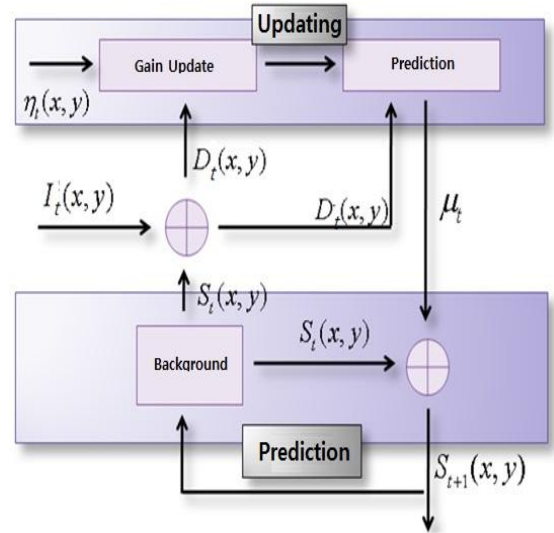


Fig. 2. Kalman-based Background updating model

또한 측정 모델에서 예측 오차를 추정하기 위해서 $S_t(x,y)$ 와 $I_t(x,y)$ 의 차 영상 $D_t(x,y)$ 를 사용하였고 $D_t(x,y)$ 의 변화량이 가장 적은 값은 다음 식(8)과 같이 오차 갱신 이득 값 $g_t(x,y)$ 이 된다.

$$\begin{aligned} D_t(x,y) &= |S_t(x,y) - I_t(x,y)| \\ g_t(x,y) &= \min |D_t(x,y)| \end{aligned} \quad (8)$$

3. Extract foreground based proposal background

배경을 기반으로 전경을 추출하기 위해서 배경 차 영상과 함께 이치화(thresholding)를 위한 적절한 방법이 필요로 한다. 따라서 이치화를 수행하기 위한 적절한 임계치는 식(9)과 같이 모델링 한다.

$$ID_t(x,y) = D_t(x,y) > T_t(x,y) \quad (9)$$

여기서, $ID_t(x, y)$ 는 임계값 $T_t(x, y)$ 에 의해 이치화된 영상이다. 그리고 $T_t(x, y)$ 는 이치화를 위한 픽셀 단위의 적응적인 임계값이다. 따라서 임계값 $T_t(x, y)$ 보다 크면 이동 객체가 존재한다는 것을 의미한다.

그리고 입력 영상마다 적응적으로 임계값을 갱신하기 위해 다음 식(10)과 같이 나타낸다.

$$T_{t+1}(x, y) = \begin{cases} \alpha T_t(x, y) + (1 - \alpha)(|cI_t(x, y) - S_t(x, y)|) & \text{if 이동객체가 아닌 경우} \\ T_t(x, y) & \text{if 이동객체인 경우} \end{cases} \quad (10)$$

여기서, α, c 는 실험에 의해 결정된 값이며, α 는 0~1사이의 값으로 결정되고 c 는 1보다 큰 값으로 결정된다.

이동자체가 아닌 경우는 임계값 $T_t(x, y)$ 를 원 영상에서 보정하여 차기 임계값으로 나타내며, 이동자체인 경우는 임계값 $T_t(x, y)$ 를 그대로 유지하도록 한다.

따라서 본 논문에서는 위에서 정리한 수식적 모델에 의해 배경으로부터 전경을 분리하고 이동 객체를 추출하여 주파수 및 인접 픽셀(pixel) 데이터를 인식하고 분석하였다.

IV. Experiment and analysis

1. Experiment equipment

PTZ 카메라를 일반 고정용 CCD 카메라와 동일한 상태로 설정하여 정보 영상을 획득하였다. 기존 샘플영상은 768X576 사이즈의 24bit 칼라 영상이며 짧은 시간에 조명 변화가 심한 영상들로 구성하였다. 그리고 현장 실험에서는 칼라 공간 24bit 인 640x480(가로x세로)크기의 영상을 획득하여 처리 하였다.

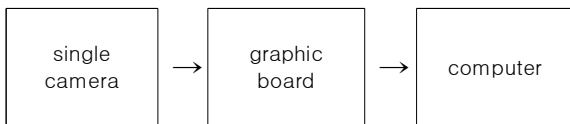


Fig. 3. System specification and construction

현장에서 적용한 시스템은 Pentium® Dual-Core CPU @2.50GHz의 2.00GB RAM을 사용하였으며, 영상 획득을 위한 NI PCI-1411와 소프트웨어는 Microsoft Visual Studio C++ 과 matlab을 이용하여 프로그래밍하고 데이터를 분석하였다.

2. Proposal background Model analytics

제안된 알고리즘 성능을 분석하기 위해서 기본 샘플 영상을 우선 적용하였다. Fig. 4는 제안된 알고리즘과 M.Soga에서 적용된 전경과 배경을 분리하여 객체의 고유 성분을 추출하는 방법에 기반

한 조명변화에 강인한 알고리즘과 비교 한 결과이다.[7]

Fig. 4에서 상하 좌우 방향으로 인덱스를 (가~바)까지라고 할 때 Fig. 4(a)~(c)의 (가)는 현재 입력영상과 추출된 객체를 인식한 결과이다.

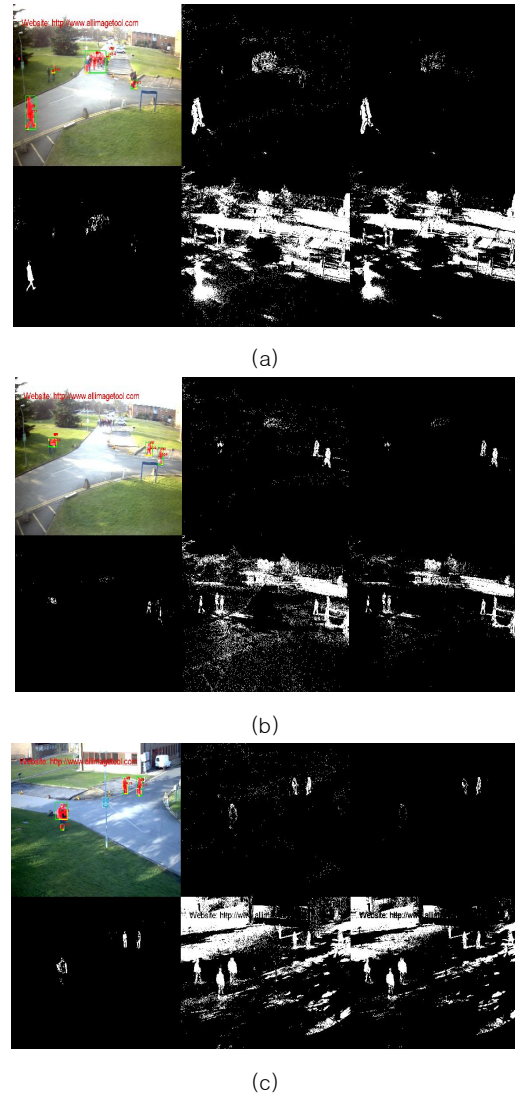


Fig. 4. Detection Result for Moving Object

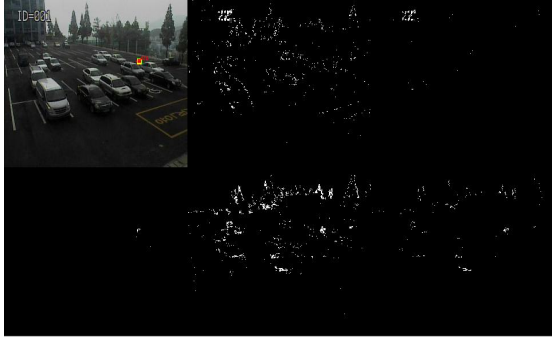
(나~라)는 칼만 예측 모델을 적용한 결과, 칼만 예측모델과 열림과 닫힘연산을 수행한 결과, 그리고 적응적 임계값의 갱신에 의한 결과 영상이다. 그리고 (마~바)는 M.Soga에 의한 결과이다.

Fig. 5는 실제 외부 환경에서 조명변화가 심하지는 않지만 조명의 역광으로 인한 고스트 현상과 카메라 잠속현상이 미소하게 발생한 조건에서 획득된 영상이다. 이 실험에서 Fig. 5(a)의 조명의 역광현상과 Fig. 5(b)의 고스트 현상에서 이동객체를 효과적으로 인식하는 모습을 보이고 있다.

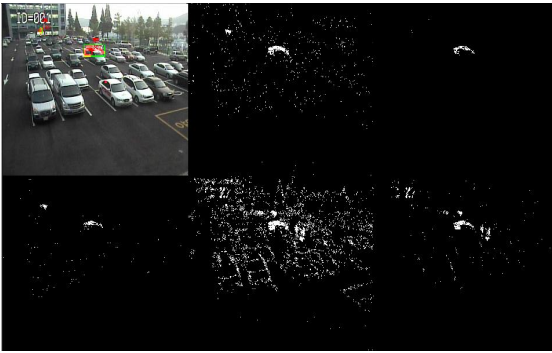
Table 1은 두 종류의 영상 200 Frame에 대하여 처리한 결과이다.

이 샘플 영상은 10~20 frame의 주기로 연속적이며 빠른 조명 변화를 가지는 영상이다. 조명의 강도 변화 및 그림자 변

화를 확실히 구분할 수 있는 특징을 가지고 있으며 색상 별로 구성되어 색상 변화의 민감도 역시 예측이 가능한 영상이다.



(a)



(b)

Fig. 5. Detection Result for Moving Object in Outdoor

Table 1에 적용한 잡음비는 식(11)과 같은 결과에 의한 것이다.

$$SNR = \frac{\sum_{i=0}^N I(x_{i,j}) - \sum_{i=0}^M O(x_{i,j})}{N} \quad I(x_{n,j}), O(x_{i,j}) = \begin{cases} 1, & x_{n,j} > 0 \\ 0, & otherwise \end{cases} \quad (11)$$

여기서, I는 처리된 결과 영상을 의미하며, O는 검출한 물체를 의미한다.

Fig. 4, Fig. 5와 Table 1, Table 2에 의한 결과로, 본 제시한 알고리즘은 적응적 임계값에 의한 차 영상 및 배경 차 영상 그리고 M.Soga에 의한 결과 보다 잡음 SNR과 압축 효율이 더 좋은 성능을 가진다는 것을 확인할 수 있다.

Table 1. SNR(bpp) for Noise

The noise distribution ratio in the remaining region except for the object region			
Div.	Cloudy environment	Bright environment	Changing environment
M.Soga	0.0013	0.0470	0.0710
Adaptive Diff.	0.0009	0.0174	0.0122
Adaptive Thres.	0.0007	0.0320	0.0018
Proposed FT	0.0001	0.0021	0.0012

Table 2. Compression rate(dB) average

Div.	Cloudy environment	Bright environment	Changing environment
M.Soga	32.45	33.36	30.16
Adaptive Diff.	34.08	35.54	33.65
Adaptive Thres.	33.39	34.89	33.08
Proposed FT	36.91	38.59	34.55

V. Conclusions

본 논문에서는 조명환경, 배경환경 조건을 고려한 적응적으로 배경과 전경을 분리하여 이동객체를 인식하는 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 카메라 칼라 특성과 칼만 예측 모델을 이용하여 조명환경에 적응적으로 대응하도록 고안되었다. 또한, 영상의 노이즈나 열화 현상, 광 반사, 고스트 현상, 주간의 점차적인 조명변화와 인터넷에서 획득한 빠른 조명변화에 강인한 특성을 가졌으며, 배경과 전경을 분리하는 과정에서 높은 성능을 제공하였다.

해상도가 비교적 양호한 영상에서 약 100%의 이동물체를 분리할 수 있는 성능을 보였으며, 어두운 조명도 1[lux]일 때 98%의 이동객체를 분리 할 수 있는 성능을 나타내었다. 그리고 조명에 따른 그림자 변화에 배경과 전경의 분리 및 그림자를 제거하여 객체만을 추출하는 성능 면에서는 기존 방법보다 약 10%에서 25%까지 잡음 발생률을 향상시켰으며, 미세한 잡음 발생률을 저하시킬 수 있었다. 또한, 평균 SNR 값도 기존 방법보다 평균 3dB에서 5dB까지 좋아짐을 알 수 있었다. 그러므로 영상정보가 미약하거나 조명의 변화 및 그림자 현상에 대하여 배경과 전경을 분리하기 곤란하더라도 제안된 기법을 적용하면 효과적으로 배경과 전경을 분리하여 인식 및 추적율을 기존보다 높일 수 있을 것이라 사료된다. 향후 연구과제로는 영상정보가 매우 미약한 조명도 1[lux] 이하의 영상에 대한 강인한 알고리즘의 연구가 되어야 할 것이다.

REFERENCES

- [1] L. Wang and Glenn Healey, "Using Steerable- Filters for Illumination-Invariant Recognition in Multispectral Images", IEEE International Conference on Image Processing, pp.138-141, 1997.
- [2] Gregory D. Hager and Peter N. Belhumeur, "Efficient Region Tracking with Parametric Models of Geometry and Illumination," IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE Vol.20,

No.10 pp.1025-1039, 1998.

- [3] Ho-jung Lee, Young-tae Kim, Hee-su Kim, Tae-myeon Bae, Yeong-ho Ha, "The Efficient Color Feature Information Extraction Method for Color Histogram-based Image Retrieval" Korea Institute of Communication Sciences, Vo1.25 No.8B, 2000.
- [4] K. Irie, A. E. McKinnon, K. Unsworth, and I.M. Woodhead, "A technique for evaluation of CCD video-camera noise (Accepted for publication)," IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology, to be published, 2007.
- [5] M. Jayakumar and Ravi N. Banavar, "Risk-Sensitive Filters for Recursive Estimation of Motion from Images," IEEE TPAMI, Vol.20 No.6, pp.659-666, June, 1998
- [6] M.Soga, K.Yamada and Y.Njnorniya, "Visibility Improvement for a Blind Spot Monitor by Compressing the Brightness Range of Images" IEEE Intelligent Vehicle Symposium, Volume 2, 17-21 June 2002
- [7] Kenji Irie, Alan E. McKinnon, Keith Unsworth, Ian M. Woodhead "Shadow Removal for Object Tracking in Complex Outdoor Scenes", Proceedings of Image and Vision Computing New Zealand 2007, pp.25-30, Hamilton, New Zealand, December 2007.

Authors



Jae Yun Choi received the B.S., M.S. and Ph.D. degrees in the Electronic Engineering from KyeongNam University, Korea, in 1988, 1995 and 2000, respectively. Dr. Choi is currently a Professor in the Department of Information Communication, Incheon

Campus of Korea Polytechnic. He is interested in moving image processing, vision system, solar light power generator system and compressed image processing