

적외선 영상해석을 이용한 이중목적탄  
자탄계수 계측기법연구

DPICM subprojectile counting technique  
using image analysis of infrared camera

박 원 우\*, 최 주 호\*, 유 준\*\*  
(Won-woo Park, Ju-Ho Choi, Joon Lyu)

\*국방과학연구소 (Tel: 671-2264; Fax: 357-900; E-mail: bemore@chollian.net)

\*\*충남대학교 전자공학과 (Tel: 042-821-5669; Fax: 042-823-5336)

**Abstract** This paper describes the grenade counting system developed for DPICM submunition analysis using the infrared video streams, and its some video stream processing technique. The video stream data processing procedure consists of four sequences; Analog infrared video stream recording, video stream capture, video stream pre-processing, and video stream analysis including the grenade counting. Some applications of this algorithms to real bursting test has shown the possibility of automation for submunition counting.

**Keywords** DPICM, grenade, submunition, infrared image, video processing

1. 서론

점화된 자탄의 계수는 이중목적탄의 중요한 계측항목 중 하나로 현재 화력 시험부 다락대 시험장에서 다수의 용역인력을 동원한 자탄수거 형식으로 시행되고 있는 형편으로 인력을 동원한 자탄의 수거시에 따르는 위험성, 비정확성, 시간지연, 인건비 등의 어려운 문제점이 있다.

이에 이중목적탄의 자탄계수 계측의 자동화를 기하고 정확도를 높이기 위하여 적외선 카메라와 영상처리 보드를 이용한 PC 및 Windows95 기반 Graphic User Interface 방식의 자탄계수 계측시스템 구성과 동영상 처리(video processing) 및 동영상 해석(video analysis) 알고리즘을 제안하고 실제 영상을 통한 영상처리 결과를 제시한다.

PC를 기반으로 하는 영상처리 시스템은 최근의 전자산업의 급속한 발전으로 고해상도의 영상취득장치가 개발되고 영상처리의 고속화가 가능하게된 것에 힘입은바 크다. 범용 영상처리 장비들은 H/W 면에서는 어느정도 사용자의 요구를 충족하나, 그 H/W를 동작시키는 S/W는 보편적인 기능만을 제공하므로 실제의 응용분야에서 발생하는 여러 가지 세부적인 문제점들을 해결하지는 못한다. 그러므로 영상처리 개발자는 각각의 응용분야에 자기고유의 문제들을 해결하기위해 자체적인 처리 및 해석

알고리즘을 개발하거나 기존의 알고리즘들을 적절히 조합하는 노하우를 축적해 나가야만 한다.

본 논문에서는 적외선 카메라의 동화상을 이용한 이중목적탄의 점화된 자탄의 계수를 위한 효과적인 동화상 처리 및 해석 알고리즘 및 자료처리 프로그램 개발을 목적으로 한다. 본 자탄계수 자료처리 절차 흐름도는 그림 1과 같은 처리 단계를 갖는다.

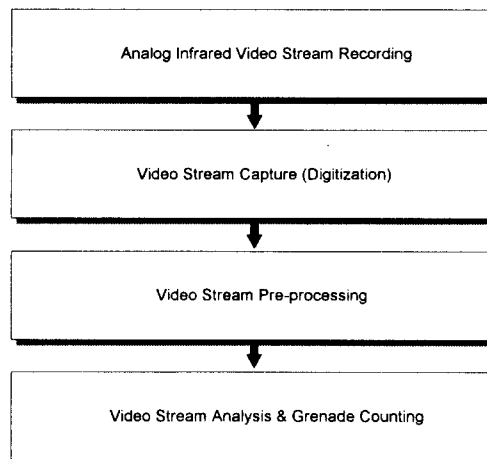


그림 1. 자탄계수의 자료처리 절차도  
Fig. 1. Data processing flow for grenade

먼저, 고해상도의 적외선 비디오 카메라로 자탄의 비산 및 점화 장면을 적절한 뷰앵글과 노출로 촬영하여 기록밀도가 우수하고 정지영상이 선명한 기록매체인 아날로그 U-matic 비디오 테잎에 동영상정보를 기록한다. 그 후 회수된 비디오 테잎은 데스크탑 U-matic VCR로 재생하여 PC-Video 시스템에 의해 디지털 동영상(video stream) 정보로 변환한 후 동영상의 잡음을 제거하고 영상의 화질 개선을 위해 SGI O2 시스템으로 동영상 전처리 작업을 가한다. 전처리를 거친 동영상은 동영상 해석프로그램에 의해 최종적으로 자탄의 계수가 이루어지게 된다.

## 2. 동영상 획득

자탄은 착발하여 폭발시 섬광을 내며 폭발하는데, 이때 발생하는 열은 주위의 배경과 충분히 구분될수 있는 강도의 파장을 방출하며 이를 비디오 신호로 검출하여 촬영 및 기록한다. 비디오 신호의 기록매체로는 정지영상이 선명한 기록매체인 portable U-matic VCR을 사용하였으며 수거된 비디오 테잎은 데스크탑 U-matic VCR에서 재생되어 비디오 캡처된다.

비디오 캡처시에 프레임은 30 frame/sec 로 캡처하였는데 이는 NTSC 표준 비디오 신호의 최대 프레임율이다. 비디오 캡처 프로그램으로는 SGI O2 워크스테이션의 mediarecorder를 사용하였으며, 640x480 8bit grey video stream의 quicktime \*.mov로 캡처하였고 이를 VisualBASIC으로 처리하기 용이하게 하기 위하여 mediaconverter로 \*.mov에서 \*.avi 파일로 변환 후 불필요한 전후부를 cutting 하여 자료처리에 필요한 동영상을 획득하였다.

## 3. 동영상 전처리

획득된 자탄폭발 동영상에는 비디오 촬영시 및 녹화시에 상당한 시변 잡음(timevariant)이 포함되게 되는데 자탄 폭발 동영상으로부터 자탄과 배경을 분할할 때 만나게되는 잡음들은 크게 다음과같이 나눌수 있으며 각각의 문제점과 제거방법에 대해 설명한다.

### 1. 배경영상 밝기값의 불균일성

자탄이 비산하여 폭발하는 광범위한 영역에 자갈로 이루어진 메쉬(mesh)가 설치되어 있는데 자갈의 성분 및 색깔이 균일하지 못함으로 인하여 흡수 및 방출하는 적외선의 양이 다르고 이로인하여 그림 5와 같이 배경영상의 밝기값이 전영역에 걸쳐 큰 차이를 보인다. 이를 제거하기 위한 방법으로 정지영상에서는 particle segmentation, adaptive thresholding 등의 여러 가지 방법이 제시되고 있으나 동영상에는 적용하기 어려운 문제점을 안고 있다. 본 연구에서는 동영상에서 배경영상이 이동하지 않는 점을 이용, 연속적인 비디오 프레임의 차영상을 구함

으로써 배경을 단순화하여 배경영상 밝기값의 불균일성 문제를 해결하였다.

### 2. 동영상 획득시의 잡음

동영상 획득시 적외선 카메라의 CCD 소자의 열잡음과 비디오 캡처시의 양자화 잡음 및 왜곡이 발생할수 있는데 이는 거의 모든 비디오 시스템에서 발생하는 잡음으로 비디오 촬영시의 일조량 및 조명상태에 따른 적절한 노출선택 및 기록밀도가 높은 저장매체의 사용 그리고 고성능 비디오 캡처 카드를 사용함으로써 상당부분 제거가 가능하다 하겠다.

### 3. 동영상 처리시의 잡음

차영상 산출시의 잡음은 배경영상 밝기값의 불균일성을 제거하기 위한 비디오 프레임의 차영상 계산시에 발생하는 이차적인 가공된 잡음으로 다음 전처리과정인 콘트라스트 강조로 제거 가능하다.

이러한 잡음성 영상으로부터 자탄을 정확히 계수하기 위해서는 우선 동영상으로부터 잡음을 제거하고 영상의 선명도를 개선하여 자탄을 배경으로부터 정확히 구분하기 위한 동영상 전처리가 필요하다. 전처리과정은 일반적인 영상처리 시스템에서 영상해석 및 영상인식의 전단계로 기하학적 정보의 추출 등의 영상해석에서 전처리는 큰 영향을 미쳐 효과적이고 적절한 전처리는 매우 중요한 과정이나, labelling, counting 등의 영상해석에서는 그 영향이 비교적 적음을 알 수 있다. 자탄계수의 전처리 절차는 그림2와 같다.

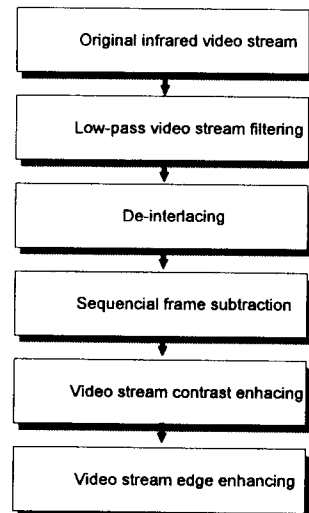


그림 2. 비디오 스트림의 전처리  
Fig. 2. Preprocessing of video stream

### 3.1 저주파 필터링 및 비월 주사선 제거

그림 3. 비월주사선 제거 마스크  
Fig. 3. Deinterlacing mask

적외선 영상에 들어있는 snow noise 등의 고주파 잡음을 제거하기 위해 일차적으로 convolution 연산에 의한 저주파 필터링을 거친다. 비디오 캡처보드에서 비디오 동영상 획득과정에서 발생하는 영상내 interlace line(비월 주사선) 들은 획득된 영상의 영상인식시 잡음으로 작용하는데 대부분의 중저가의 영상시스템은 이러한 interlacing 방식을 이용하기 때문에 이를 전처리 과정에서 제거해 주어야한다. 이는 그림3과 같은  $1 \times 4$  convolution mask에 의한 영상공간영역에서의 식(1)의 인접화소 연산으로 가능하며 그 결과 예를 아래그림에 보였다.

$$I_{deinter}(m, n) = I(m, n) \otimes H(m, n) \quad (1)$$

### 3.2 동영상 프레임 차연산

동영상의 현재프레임을 frame(t)라 하고 이어지는 다음 프레임을 frame(t+1)이라하면 연속된 두 프레임의 차 프레임은 frame(t+1)-frame(t)로 계산된다. 차연산은 영상처리 보드의 자원 및 시스템의 자원을 많이 점유하는 처리과정으로 real-time video processing 보드의 성능에 전적으로 좌우된다. 사용한 비디오보드의 제원은 다음과 같다.

표 1. 실시간 비디오 처리 보드 구성  
Table 1. Video processing board specification

항목	내용
Video input	9 B/W or 3 RGB Image Stream Input
DSP	TMS320C50 Inside
LUT	DLUT's 30 MIPS
Processing	70MIPS
Storage	36 Image of 512 x 512 x 8 bit
Stand Alone	STAND ALONE Mode Possible
Video Out	RS-170, CCIR+sync, RGB
Display	512x512x8 B/W, 512x512x24 RGB
Resolution	
LUTS	256 tables of 256x8 bits
Video Memory	9MB fast SRAM

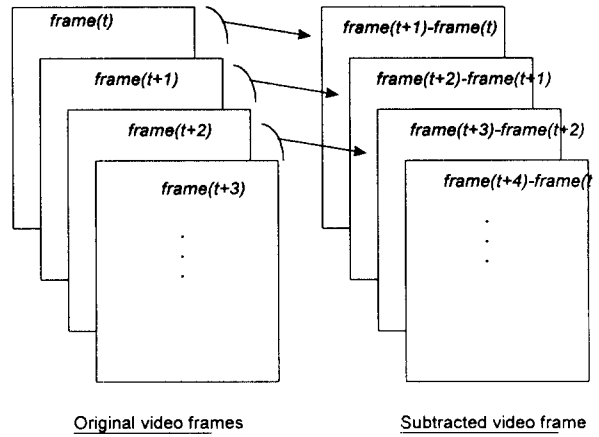


그림 4. 프레임 차연산  
Fig. 4. Subtraction of frames



그림 5. 원영상  
Fig. 5. Original image

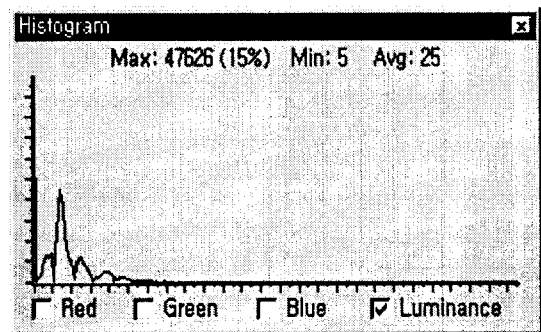


그림 6. 원영상의 히스토그램  
Fig. 6. Histogram of original image



그림 7. 비월주사선 제거 및 LPF  
Fig. 7. De-interlacing & LPF

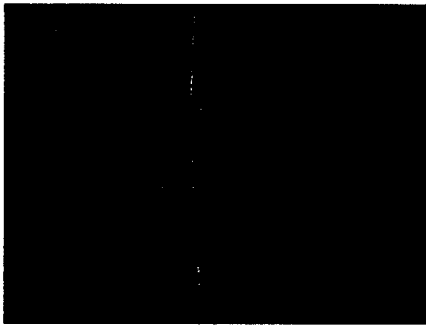


그림 8. 프레임 차연산  
Fig. 8. Subtraction of frames

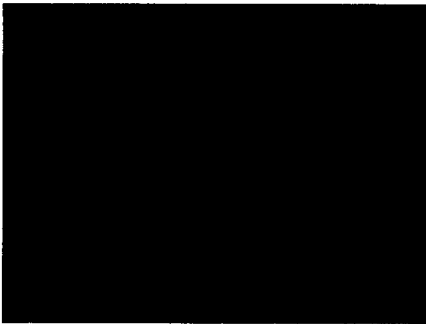


그림 9. 콘트라스트 및 윤곽강조  
Fig. 9. Contrast & edge enhancing

동영상의 전처리는 기술적으로 매우 어려운 사항으로 연산능력 및 연산속도는 하드웨어의 성능에 많이 좌우되며 전문적인 소프트웨어가 또한 요구된다. 본 연구에서는 하드웨어 환경으로는 실리콘 그래픽스(Silicon Graphics)사의 SGI O2 Graphic Workstation 시스템을, 소프트웨어로는 SGI O2의 Moviemaker Ver2.0 을 사용하여 처리하였는데, Moviemaker의 editable convolution kernel operation 기능을 활용하였다. 또한 연속 프레임 차연산은 BARGOLD Co.의 IVP-150 realtime video processing 보드를 사용하였다.

## 4. 계측시스템 구성

### 4.1 계측 시스템 구성

본 연구에 사용된 계측시스템은 비디오 캡처를 위해서 SGI O2 workstation을 사용하였고 비디오 자료처리 PC-Video 시스템은 IBM PC 호환기종(Pentium-pro 200, RAM 32MB)에 IVP-150 realtime video processing 보드를 장착하여 처리하였다.

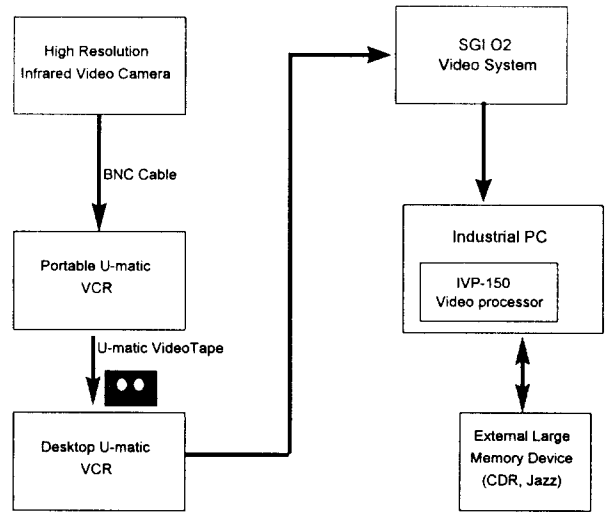


그림 10. 계측 시스템의 구성  
Fig. 10. Instrumentation system

### 4.2 자탄계수 프로그램 구성

정확한 자탄계수가 이루어지려면 우선, 자탄의 방출이 상당한 고도에서 이루어지므로 자탄의 비산에 따른 탄착 분포가 공간적으로 넓게 발생하고 폭발화염이 매우 작으므로 적외선 카메라의 뷰앵글이 충분히 넓어야하며 저장될 동영상의 이미지 해상도는 충분히 커야하고, 자탄은 화염의 발생유지시간이 매우 짧기 때문에 충분한 프레임율(frame rate, frame/sec)지원하는 저장매체가 필요하다. 또한 자탄의 연이은 폭발이 시간적으로 수초간 계속되기 때문에 이러한 고프레임율, 고해상도, 장시간의 자료를 해석해야하는 어려움이 있고, 폭발점의 밝기값이 천차만별이고 폭발점 화염의 크기 및 모양이 불규칙하게 나타나는 등 자탄의 인식에는 많은 어려움이 있으며 완전 자동인식은 거의 불가능하다고 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 동영상을 프레임단위로 picture box에 디스플레이한 후 마우스로 포인팅하여 수동인식하고 인식된 폭발점은 그래픽처리로 표시하여 순차적으로 누적계수하는 프로그램을 작성하였다. Coding은 MS Windows95 OS에서 Microsoft의 VisualBASIC 5.0 EE를 사용하였는데, 프로그램 구성은 아래 표2 와 같다.

표 2. 프로그램 구성  
Table 2. Program contents

	Filename
Project	DPICM.vbp
form	dpicm.frm
Module	dpicm.bas
Custom Controls	PictureBox mciwndx.ocx

MCIWNDX.OCX 파일은 비주얼베이직 프로그램에서 AVI 동영상 파일을 재생 및 조작가능하게 해주는 MCI(media control interface) 장치제어용 custom control 로써, 유효한 MCI 표준 명령어를 모든 MCI 장치에 전달 하며 리턴 스트링을 되돌려준다. 그림 11과 같이 윈도우 상에는 불러온 동영상으로부터 크립보드로부터 복사된 한 프레임의 영상과 현재프레임 번호 및 전체프레임 수가 디스플레이 되고 마우스조작을 통하여 자탄이 누적 계수된다. 비주얼베이직의 프로그램 작성시 고려해야할 MCIWNDX.OCX의 주요 property 및 event 그리고 method 는 다음과 같다.

표 3. 이벤트 프로시저  
Table 3. event procedure

Event procedure	description
ModeChange()	장치의 모드변경시 발생
MediaChange()	장치의 개폐시 발생
PositionChange()	파일이나 미디어의 위치변경시 발생

표 4. MCIWNDX.OCX의 주요 속성 목록  
Table 4. property list of MCIWNDX.OCX

Property list	description
Command	MCI 명령스트링을 설정한다.
Device	현재장치의 이름을 가진다.
FileName	처리될 동화상의 경로와 파일명
Length	동화상의 전체 길이
Position	동화상의 현재 위치
PositionString	스트링포맷의 현재위치 TT:MM:SS:FF
Mode	장치의 현재모드
TimerFreq	포지션 이벤트 사이의 밀리초단위 시간
Zoom	장치요소의 크기조정
Enable	실행시간에 제어가능화

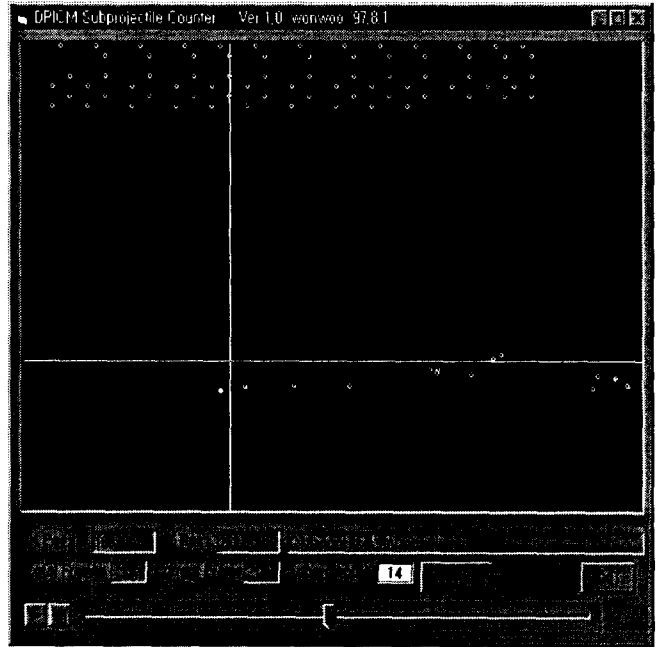


그림 11. 자탄 계수 프로그램  
Fig. 11. Grenade recognition program

## 5. 결론

이중목적탄의 자탄계수는 주로 사격이 종료한 후에 인력을 동원한 광범위한 영역의 자탄수거 및 분류에의해 이루어지는데 이러한 방법은 불발탄이 산재해있는 시험장내의 작업 위험성, 다수인력 동원에 의한 인건비 상승으로 인한 시험 비용증가 및 계수 정확성 결여 등으로 바람직하지 못한 실정이다.

이러한 견지에서 본 연구에서는 적외선의 비디오 기록영상을 이용한 이중목적탄의 자탄을 계수하기위한 보다 효율적인 알고리즘을 제안하였다. 우선 적외선 동영상에 영상개선 등의 전처리 과정을 거쳐 프레임 차연산을 통해 배경을 제거한 후 동영상 해석프로그램에서 자탄을 순차적으로 누적 계수하였다.

향후 연구 방향으로서는 자탄계수의 특성상 보다 고 프레임율을 지원하는 하드웨어의 확보가 필요하며, 향후 연구과제로 보다 명확한 자탄 영상획득을 위하여 두 대 이상의 적외선 카메라를 이용한 분할된 영역의 자료처리 연구도 기대된다.

## 참고 문헌

- [1] W. K. Pratt, *Digital Image Processing*, John Wiley & Sons, Inc., 1991.
- [2] M. Sanka, V. Hlavac and R. Boyle, *Image Processing , Analysis and Machine Vision*, Chapman & Hall Computing, 1993.
- [3] P. W. Tse and P. S. Wu, "Advanced machine vision system for garment inspection,"
- [4] 2. Aggarwal, J.K., R.O. Duda, & A. Rosenfelt (eds), *Computer methods in Image Analysis*, IEEE Press, NewYork, 1977.
- [5] Dana H. Ballard and Christopher M. Brown, *Computer Vision*, PRENTICE HALL, 1982.
- [6] Ullman, S., W. Richards (eds.), *Image Understanding*, 1984, Ablex Publishing Corp., Norwood, New Jersey, 1984.
- [7] Haralick, R.M. (1980) "Edge and Region analysis for digital image data", *Computer graphics and Image Procesing*, Vol. 12, No. 1, pp. 60-73, January 1980.
- [8] Hoffman, D.D. (1983) "Representing Shapes for Visual Recognition," Ph.D. Thesis, Dept. of Psychology, MIT, Cambridge, Massachusetts.
- [9] Getting Results with ComponentWorks, National Instrument, Corp., Feb, 1996.
- [10] Steven Harrington, 강 현석 역 "Computer Graphics, A Programming Approach" , 홍릉과학 출판사, 1987.