

40mm 고속유탄(K212) 신관의 안전성 및 신뢰성 강화를 위한 탄약 자동화검사 알고리즘에 관한 연구

주진천^{1*}, 권미선², 김상민³, 안남수⁴

¹국방기술품질원, ²(주)비에네스소프트, ³(주)한화보은사업장, ⁴울산과학대학교 산업경영과

Research on the Ammunition Automatic Test Algorithm for Improving Safety & Reliability of 40mm Grenade(K212) Fuze

Jin-Chun Ju^{1*}, Mee-Sun Kweon², Sang-Min Kim³, Nam-Su Ahn⁴

¹Defense Agency for Technology and Quality

²BNSoft Incorporated

³Boeun Plant, Hanwha Corporation

⁴Department of Industrial Management, Ulsan College

요 약 신관은 다양한 부품과 복잡성으로 인해 육안 검사 시 휴먼에러가 발생할 수 있으며 부품 누락, 장전된 신관 등이 제품에 혼입될 경우 탄약이 폭발할 가능성을 내재하고 있다. 본 논문에서는 신관 검사 시 휴먼에러를 방지하기 위한 탄약 자동화검사 알고리즘을 제안한다. 탄약 자동화검사 알고리즘은 다음과 같은 세 단계로 구성된다. 첫 번째로 검사 이미지 입력 및 전처리 단계로써 검사 대상 이미지를 입력하고, 이미지 회전 알고리즘을 적용하여 이미지를 회전한 후 이진화 알고리즘을 사용하여 이미지를 컴퓨터 계산에 적합하도록 이진화한다. 두 번째로 장전 및 비장전 여부를 검사하는 단계로써 Masked Template Matching 알고리즘 등을 활용하여 탄약의 장전여부를 판단한다. 세 번째로 부품검사 단계로써 이미지 탐색 알고리즘 등을 활용하여 부품 위치나 부품 누락 여부에 대해서 판단한다. 본 탄약 자동화검사 알고리즘을 신관 검사에 적용한 결과 부품 누락, 장전 여부 등을 오류 없이 효율적으로 검출함으로써 40mm 고속유탄 신관의 신뢰성 및 안전성 향상에 기여할 것으로 판단된다.

Abstract Because fuses have many parts, human error can occur during visual inspections. This paper proposes an automatic ammunition test algorithm for preventing human error during an inspection. The automatic ammunition test algorithm consists of the following three steps. First, the image input and preprocessing step is where an inspection image is rotated using an image rotation algorithm and the image is converted to a binary image. Second, the inspection step of arming determines if the ammunition is armed using Masked Template Matching algorithm, etc. Third, the inspection step of the parts determines if the parts are omitted using an image searching algorithm, etc. The arming or parts omission of the fuse are detected efficiently using the ammunition automatic test algorithm. The ammunition automatic test algorithm is expected to help improve the safety and reliability of 40 mm grenade fuse.

Keywords : 40mm Grenade, Ammunition Automatic Test Algorithm, Automatic Test Equipment, Masked Template Matching, Template Matching

*Corresponding Author : Jin-chun Ju(Defense Agency for Technology and Quality)

Tel: +82-42-580-1016 email: jjc72@dtqa.re.kr

Received June 17, 2016

Accepted July 7, 2016

Revised (1st July 1, 2016, 2nd July 4, 2016)

Published July 31, 2016

1. 서 론

탄약의 꽃은 신관이라고 흔히들 말하곤 한다. 이는 제조, 취급 및 수송 시에는 가장 안전해야 하고 고폭탄두를 기폭시켜야 할 때에는 민감하게 폭발하여야 하는 모순을 가지고 있기 때문일 것이다.

안전과 폭발성을 동시에 만족시키기 위해서는 다양한 부품의 조합은 필연적이며 정확한 작동메커니즘이 요구된다. 신관의 안전성을 확보하기 위해서 제조 단계별 공정검사와 완성품에 대한 비파괴 검사(X-ray 검사)를 통하여 치명결점 항목을 전수검사하고 있다. 그러나 다양한 부품과 복잡성으로 인해 휴먼에러가 발생할 수 있으며 안전항목과 관련된 부품 누락, 장전 또는 부분 장전된 신관 등이 제품에 혼입될 경우 수송 및 취급 시에 탄약이 폭발할 가능성을 내재되어 있다.

2011년 국내에서 발생한 40mm 고속유탄(K212)의 폭발사고[1]의 경우, 신관 제조 시 부품누락 및 부분장전품에 대하여 비파괴 검사 시 불량품을 식별해 내지 못해 발생하였다. 군에 납품된 40mm 고속유탄 전량을 검사한 결과 관성핀 누락, 디텐트 누락 등 안전관련 부품이 누락된 유탄 00발이 발견되었고, 부분장전된 유탄 0발이 발견되었다[2]. 관성핀 누락 및 부분장전품 등 불량품이 선별되지 않고 군에 납품된 주 원인은 제품 제조 및 검사 시 부품 누락 및 장전여부 등에 대해 육안검사만 수행함으로써 발생한 휴먼에러이다.

이와 같은 휴먼에러를 제거하기 위해서는 신관X-ray 이미지에 대한 자동화검사를 통해 고속유탄의 안전성 확보가 반드시 필요하다.

탄약 부품 검사 시 vision 검사를 활용한 자동화검사를 수행한 적은 있으나, 신관 완성품은 오자이브로 덮여 있어서 vision 검사는 불가능하고 X-ray 촬영에 의한 검사만 가능하며, X-ray로 촬영된 신관 이미지는 vision 촬영 이미지와 달리 잡음도 많고 인식하려는 부품이 회전되어 있거나 부품의 형태가 일부 상이한 경우도 있어 인식이 어려운 경우가 많으므로 기존 vision 검사에서 사용한 알고리즘을 바로 적용할 수 없다.

본 논문에서는 신관 X-ray 이미지에서 패턴을 효과적으로 인식하기 위한 탄약 자동화검사 알고리즘을 제안한다. 본 탄약 자동화 검사 알고리즘은 회전된 부품이나 형태가 상이한 부품을 효과적으로 인식할 수 있는 Masked Template Matching 알고리즘을 적용하였고, 패턴의 누

락 등을 효과적으로 판독하기 위해 object 탐색 알고리즘이나 object간 거리 측정 알고리즘을 사용하였다. 실험 결과에서 탄약 자동화검사 알고리즘은 신관 부품 누락이나 장전 여부 등 신관 불량품을 효과적으로 판독함으로써 40mm 고속유탄의 품질 향상에 기여할 것으로 보인다.

2. 자동화검사 장비의 이론적 접근

2.1 자동화검사 장비

미국 DoD(Department of Defense)에서 정의하는 자동화검사장비는 컴퓨터를 이용해서 시험대상 장비(UUT, Unit Under Test)의 규격조건을 시험하고 분석할 수 있는 장비를 말한다[3]. 탄약 품질보증 일반규정에서 정의하는 자동화검사장비는 수락여부를 판단할 때 사람이 참여하지 않거나 최소한의 참여만 요구되는 장비로 측정 및 검출 기능을 자동으로 처리할 수 있는 탐지기, 감지기 및 변환기 등을 포함하고 있는 장비를 말한다[4]. 따라서 탄약 자동화검사장비란 탄약에 대한 수락여부를 판단할 때 사람이 참여하지 않거나 최소한의 참여만 요구되는 장비로서 탄약의 규격조건을 시험하고 분석할 수 있는 장비라고 정의할 수 있다.

미국의 경우 40mm 고속유탄 신관 등에 대해 X-ray 이미지 판독시 육안검사와 자동화 검사장비를 병행[5]하여 탄약신관의 신뢰성 및 안전성을 높여 휴먼에러에 의한 탄약 안전사고를 미연에 방지하고 있다.

국내 유도전자 분야에서 활용되고 있는 자동화검사장비는 결함을 찾기 위한 개별 목적 및 대상에 따라 <Fig. 1>에서 볼 수 있듯이 자동광학검사기(AOI, Automatic Optic Inspection), ICT(In-Circuit Test), FCT(Function-Circuit Test) 등으로 단계별로 구분하여 자동화검사를 수행하고 있다. 즉, AOI는 PCB 공정 중 필름 내·외층 회로의 패턴불량을 검사하는 기기이고, ICT는 PCB내 부품을 검사하는 방법이며, FCT는 PCB의 기본성능을 검사하는 방법이다[6].

현재까지 자동화검사장비를 무기체계에 적용한 사례는 주로 유도전자분야인 K9 사통장치, 비호 사통장치, 신궁 야간조준기, 포병 관측장비, 전술통신체계, 천마유도탄, 백상어, PKX 레이더 등에서 사용되는 전자장비를 개발 또는 양산시에 자동화검사장비를 활용하여 검사를 수행하였다[6].

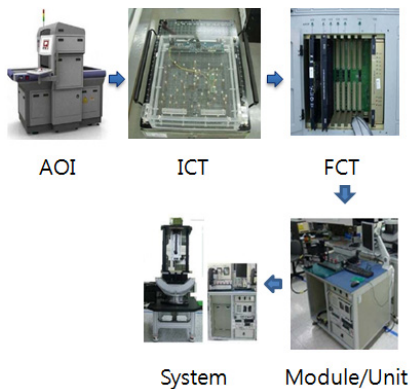


Fig. 1. The automated test cases of electronic equipment

국내 탄약분야의 경우 부품 검사시 vision 검사 등을 활용한 자동화검사를 수행한 적은 있으나, '11년도 이전에는 완성품에 자동화검사장비를 적용한 사례는 없으며, '11년도에 발생한 40mm 고속유탄 폭발사고를 계기로 X-ray 자동화검사장비를 개발하여 '14년부터 탄약신관 및 안전장전장치 등에 적용 중에 있다.

2.2 자동화검사 알고리즘 이론적 배경

기존 탄약 X-ray 이미지 상의 부품 Object 정보를 얻기 위해 Edge를 추출하는 방법[7]은 X-ray 이미지에 따라 Edge 추출 이후 판독결과가 상이하여 동일한 판독결과를 얻을 수 없다.

일반적인 Template Matching 알고리즘은 입력 이미지에서 특징을 추출하는 과정 없이 입력 이미지 전체를 하나의 전역적인 특징으로 처리한다. 즉, 입력되는 패턴은 각각의 클래스를 나타내는 template와 직접적으로 비교된다. 분류는 최대의 일치도 또는 최소의 불일치도에 따라 이루어진다[8, 9, 10].

Template Matching 알고리즘의 단점은 추출하려는 패턴의 회전 및 크기변화가 클 경우 인식률이 떨어질 수 있다는 것이다[8].

특징점이 상이한 패턴 추출을 용이하게 하기 위해서 가장 Template Matching 알고리즘을 사용하는 연구를 수행 중에 있고[8], Template Matching 알고리즘은 계산량이 많아 많은 시간이 소모되므로 실시간으로 패턴을 인식하기 위해 효율적인 Template Matching 알고리즘을 개발하기 위한 연구도 수행 중에 있다[9, 10].

신관 X-ray 이미지는 정지영상이므로 고속의 실시간 처리 알고리즘은 필요 없고, 이미지에서 부품의 형태나

위치가 다르거나 노이즈가 많은 경우 인식을 정확하게 할 수 있는 효과적인 알고리즘이 필요하다. Masked Template Matching 알고리즘은 Template Matching 알고리즘의 한 종류로서 특정 형태를 갖는 부품 모양을 미리 Object Mask로 만들어 놓고, 입력 이미지에 대해 해당 Mask의 위치나 각도 변화 등을 검사하는 알고리즘으로 Mask 방식을 사용함으로써 검색 패턴의 형태나 위치가 다를 경우 Matching이 잘 되지 않는 Template Matching의 오류를 줄였다[11]. 특정 부품의 Edge 검출력을 높이기 위해 위치와 각도에 견고한 Object Mask를 만들어 비교 속도와 매칭비율을 높일 수 있고, 노이즈에도 강한 장점이 있다.

Masked Template Matching 알고리즘 이외에 탄약 제품 이미지에서 특정한 위치의 부품을 판독 및 누락 여부를 확인하기 위해 각 제품별로 특정한 부품을 기준으로 회전각도를 설정하여 이미지를 회전하여 비교하였고, 탄약 제품 이미지의 ROI에서 특정한 2개의 Object를 탐색하여 피타고라스 정리를 이용하여 Object간의 거리를 측정하는 식 1과 같은 계산식을 사용하여 보다 효과적으로 인식률을 높였다.

$$Distance(2D) = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (1)$$

3. 탄약 자동화검사 알고리즘

탄약 자동화검사 알고리즘의 기본은 X-ray로 촬영한 이미지의 선명도를 높여 특정한 탄약 부품의 장전·비장전 여부와 부품의 누락 및 비정상 조립에 대한 검출에 용이한 이미지 처리 및 검출을 기반으로 한다.

자동화검사 소프트웨어를 활용하여 신관에 대해 검사를 수행하는 탄약 자동화검사 알고리즘의 순서도는 <Fig. 2>와 같다.

1단계는 검사 이미지 입력 및 전처리 단계로써 검사 대상 이미지를 입력하고, 이미지를 판독할 수 있도록 이미지 회전 알고리즘을 적용하여 이미지를 회전한 후 이진화 알고리즘을 사용하여 이미지를 컴퓨터 계산에 적합하도록 이진화한다.

2단계는 장전 및 비장전 여부를 검사하는 단계로써 Masked Template Matching 알고리즘 등을 활용하여 탄약의 장전여부를 판단한다.

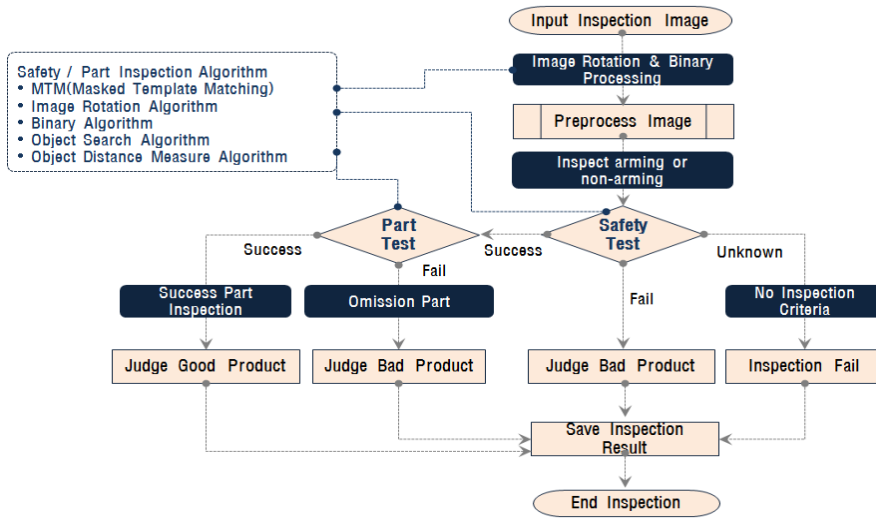


Fig. 2. The Ammunition Automatic Test Algorithm

3단계는 부품검사 단계로 Object 탐색 알고리즘 등을 활용하여 부품 위치나 부품 누락 여부에 대해서 판단한다.

1 ~ 3단계를 거치고 나면 양품인지 불량품인지 판단한 후 분석결과를 저장한다. 이상과 같이 1차적으로 탄약 자동화검사 알고리즘으로 불량품을 엄격하게 검출하고, 알고리즘으로 검사가 실패하거나 불량으로 의심되는 신관에 대해서 추가적으로 X-ray 이미지에 대한 육안 검사를 통해 2차로 선별한다.

Masked Template Matching 알고리즘은 노이즈 픽셀이 많은 이미지에서 Edge를 추출하기 위해 Object Mask와 Template Matching을 이용한다. 40mm 고속유탄 신

관의 경우 공정의 특정상 부품간의 결합단계가 복잡하여 특정의 부품의 위치나 각도가 예측할 수 없는 위치에 조립되거나 누락되는 경우가 많아 정교한 Object Mask 처리 및 Template Matching 기법이 필요하다.

<Table 1> 및 <Fig. 3>에서 볼 수 있듯이 Masked Template Matching 알고리즘은 첫 번째로 검색을 위한 Object Mask를 만든다. 두 번째로 Object Mask를 활용 이미지에 템플릿 매칭을 수행하면서 가장 유사한 위치를 검색한다. 세 번째로 Template Matching을 통해 탐색된 ROI(Region of Interest)로부터 Object 이미지를 추출한다. Object 이미지와 Object Mask간 AND 연산을 수행

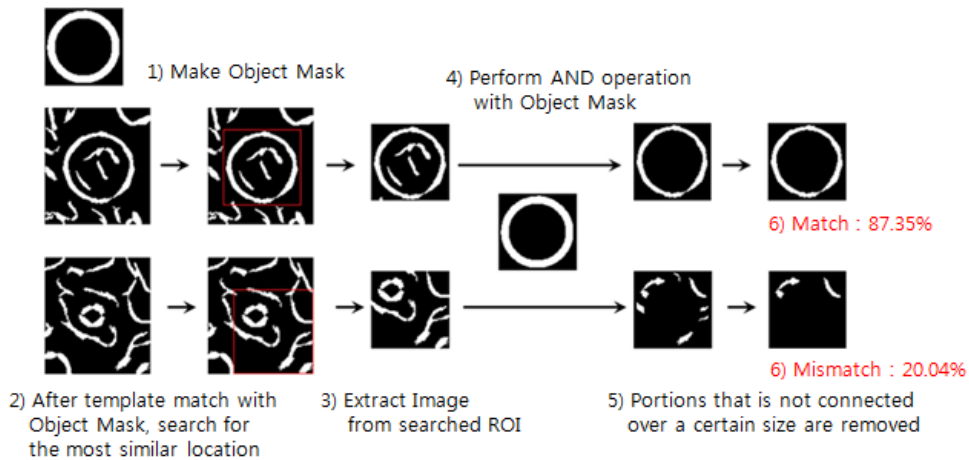


Fig. 3. Edge extraction process using Masked Template Matching algorithm

한 후 탐색된 픽셀만 남긴다. 다섯 번째로 어떤 크기 이하로 연결되지 않은 부분은 노이즈로 판단하고 제거한다. 마지막으로 Object Mask의 비율에 따라 매칭율(matching rate)을 계산한다.

이와 같은 여섯 단계를 거쳐 알고리즘을 적용할 경우 탄약 양산품 자동 관독 시 신뢰도 높은 양산품 검사결과를 얻을 수 있다.

Table 1. Object Mask & Template Matching Process

stage	Image Processing stage
1	Make Object Mask for searching.
2	After template match with Object Mask, search for the most similar location.
3	Extract Object Image from searched ROI through Template Matching.
4	Perform AND operation with Object Mask & Object Image and then leave only the pixels to be searched.
5	Remove Blob Noise. - Portions that is not connected over a certain size are removed.
6	Calculate matching rate depending on the ratio of Object Mask size.

이미지 회전 알고리즘은 탄약 제품 이미지에서 특정한 위치의 부품을 관독 및 누락 여부를 확인하기 위해 이미지를 회전하는 알고리즘으로 각 제품별로 회전을 위해 선택한 특정 부품을 기준으로 회전 각도를 설정하여 회전한다.

Object 탐색 알고리즘은 탄약 제품 이미지의 관심영역(ROI : Region of Interest)에서 특정한 Object를 찾는 알고리즘으로 각 제품별로 등록된 부품 Template Image를 ROI에서 탐색하여 부품의 위치나 누락 여부를 판단한다.

Object간 거리 측정 알고리즘은 탄약 제품 이미지의 ROI에서 특정한 2개의 Object를 탐색하여 피타고라스 정의를 이용하여 Object간의 거리를 측정하는 알고리즘으로 각 제품의 부품 및 부품간의 거리 측정 기준을 설정하여 알고리즘에 적용한다.

이진화 알고리즘은 탄약 제품 이미지에서 픽셀을 0과 255 값으로 변환하는 알고리즘으로 RGB 이미지를 그레이 이미지로 바꾼 후 특정 임계값을 기준으로 초과값은 255로, 이하값은 0으로 변환한다. 이진화는 이미지에서 특정한 패턴의 정보를 추출하기 위해 이미지가 가지고 있는 객체들을 분리하는 방법으로 사용한다.

4. 자동화검사 알고리즘 적용사례

본 장에서는 3장에서 제시한 탄약 자동화검사 알고리즘을 40mm 고속유탄 신관(K541)에 적용한 사례이다. 첫 번째로 상부 촬영 이미지를 활용 장전 및 비장전 여부 등 안전검사를 수행하고, 두 번째로 상부 촬영 및 측면 촬영 이미지를 활용하여 기폭관(detonator), 관성핀, 디텐트 등 주요부품에 대해 부품누락 여부 등에 대한 부품 검사를 수행한다.

첫 번째로 안전검사는 <Fig. 4>에서 볼 수 있듯이 K541신관의 장전, 부분장전, 비장전 여부를 검사하는 것이다. 부분장전 및 장전 상태인 경우 로타가 회전함으로써 디텐트가 로타의 나사산에 물려있는 위치가 비장전과 다르게 위치하는 원리를 이용한다. 먼저 로타축을 기준으로 모두 같은 방향으로 이미지를 회전한다. 비장전인 경우는 디텐트가 로타 나사산의 7산에 위치한 상태이고, 디텐트의 위치를 인식하여 비장전으로 판단한다. 장전인 경우는 중앙의 노란색원을 기준으로 기폭관이 노란색 원 안에 들어있으면 장전 상태로 판단한다. 부분 장전인 경우는 기폭관이 노란색 원 밖에 있는 경우 디텐트의 위치를 확인하여 부분 장전인지 검사하며, 25% 부분장전인 경우는 디텐트가 로타 나사산의 2산에 위치한 상태이며, 50% 부분장전인 경우는 3 ~ 4산에 위치한 상태이고, 75% 부분장전인 경우는 5 ~ 6산에 위치한 상태이며, 이런 경우 부분장전으로 판단한다.

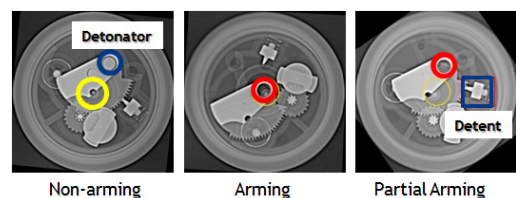


Fig. 4. The inspection whether arming or not

두 번째로 부품 검사는 기폭관(detonator), 피니언결합체, 펠릿결합체, 디텐트, 디텐트스프링, 관성핀 및 관성스프링 등의 누락여부 확인 및 디텐트 후퇴 여부 확인이다.

<Fig. 5>와 같은 K541신관 상부 촬영 이미지의 부품 검사 세부 알고리즘은 <Table 2>에서 볼 수 있다. 기폭관(데토), 디텐트, 디텐트스프링, 펠릿은 이미지를 이진

화하여 픽셀(pixel)이 있는지 검사하여 부품 누락 여부를 확인한다. 디텐트 후퇴 여부는 데토와 디텐트 사이의 거리를 측정하여 검사하고, 피니언 누락여부는 피니언을 탐색후 피니언을 원으로 만들고 Edge를 추출하여 픽셀을 측정하여 검사하고, 관성핀 및 관성스프링 누락여부는 관성핀 및 관성스프링 원에 대한 Edge를 추출하여 픽셀을 검사함으로써 부품 누락 여부를 검사한다.

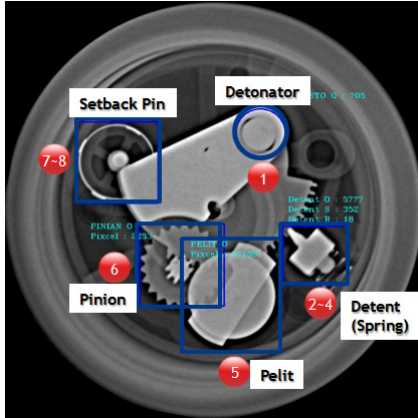


Fig. 5. The top image of K541 fuze

Table 2. Inspection criteria on top image of 40mm grenade fuze

#	Part	Inspection Criteria
①	Detonator	After binary processing, search for detonator pixel.
②	Detent	After search detent and binary processing, search for detent edge pixel.
③	Detent Spring	After search detent, exclude detent edge, leave detent spring, then inspect pixel of detent spring.
④	Detent Retreat	Measuring distance between detonator and detent
⑤	Pelit	After search for pelit and binary processing, then inspect pixel of pelit.
⑥	Pinion	After search for pinion, make circle, and extract edge, then measure pixel of pinion.
⑦	Setback Pin	After search for setback pin, make circle, and extract edge, then measure pixel of setback pin.
⑧	Setback Spring	After search for setback spring, make circle, and extract edge, then measure pixel of setback spring.

<Fig. 6>와 같은 K541신관의 측면 촬영 이미지에 대한 부품 검사 기준은 <Table 3>에서 볼 수 있다.

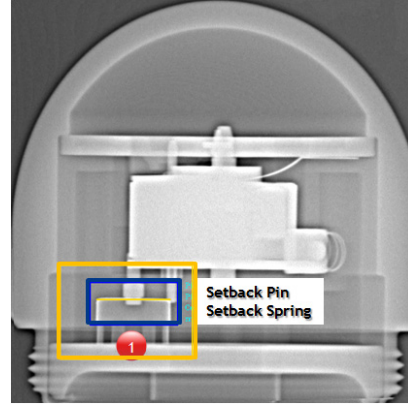


Fig. 6. The side image of K541 fuze

Table 3. Inspection criteria on side image of 40mm grenade fuze

#	Part	Inspection Criteria
①	Setback Pin	Inspection of matching rate as compared to normal image of setback pin (Inspection of setback pin pixel)
	Setback Spring	Inspection of matching rate as compared to normal image of setback spring (Inspection of setback spring pixel)
	Setback Pin Retreat	After inspect setback pin & spring, draw yellow line, check how many setback pin pixels below the yellow line are.

관성핀에 대한 누락여부는 정상 관성핀 이미지와 비교하여 매칭율을 검사하여 부품 누락 여부 등을 확인하고, 관성스프링에 대한 누락여부는 정상 관성스프링 이미지와 비교하여 매칭율을 검사하여 부품 누락 여부 등을 확인한다. 관성핀 후퇴 여부는 관성 스프링의 위치를 판독한 후 노란색 선을 긋고 노란색 선 밑의 관성핀 픽셀이 얼마만큼 있는지 확인하여 후퇴 여부를 판독한다.

5. 실험결과

K541신관에서 발생될 수 있는 모든 경우의 수를 고려하여 불량 샘플을 <Table 4>와 같이 13종의 Case로

구분하였다. 각 Case별 정확한 검출을 위해 X-ray 촬영은 상부와 측면에서 촬영하여 자동화검사 알고리즘을 적용하여 검사를 수행하였다. 안전을 위해 샘플은 비활성으로 제작하였다.

Table 4. Bad Sample Classification for 40mm grenade fuze

#	Sample Classification	Contents
①	Detent Retreat	The retreat of the Detent
②	Setback Pin omission	Not assembled Setback Pin
③	Setback Spring omission	Not assembled Setback Spring
④	Detent omission	Not assembled Detent
⑤	Detent Spring omission	Not assembled Detent Spring
⑥	Pinion omission	Not assembled Pinion
⑦	Pelit omission	Not assembled Pelit
⑧	Detonator omission	Not assembled Detonator
⑨	Partial Arming (75%)	Partial arming of Fuze
⑩	Partial Arming (50%)	Partial arming of Fuze
⑪	Partial Arming (25%)	Partial arming of Fuze
⑫	Arming	Perfect arming of Fuze
⑬	Setback Pin Retreat	The retreat of the Setback Pin

<Table 4>의 불량품의 X-ray 이미지를 자동화검사 알고리즘을 활용하여 자동화 검사한 결과는 <Table 5>와 같다.

검사결과 전체 13종의 불량샘플을 모두 불량품으로 검출하였으며, X-ray 상부 및 측면 촬영 시 신관의 촬영 각도가 변경되더라도 이미지 회전 알고리즘을 통해 회전 시킴으로써 불량품을 효과적으로 검출할 수 있었다.

탄약 자동화검사 알고리즘 검증을 위해 <Table 6>에서 볼 수 있듯이 촬영 Sample Scale을 7×6 으로 하여 양품 42개와 불량샘플 13종의 촬영 각도, 위치배열, 수량을 변화시켜가며 검사한 결과 전체 756발에 대해 양품은 양품으로 불량품은 불량으로 100% 검출하였다.

Table 5. Inspection result of Bad Sample for 40mm grenade fuze

Classification	Top	Side	Result
Detent Retreat		-	Detected
Setback Pin omission			Detected
Setback Spring omission			Detected
Detent omission		-	Detected
Detent Spring omission		-	Detected
Pinion omission		-	Detected
Pelit omission		-	Detected
Detonator omission		-	Detected
Partial Arming (75%)			Detected
Partial Arming (50%)			Detected
Partial Arming (25%)			Detected
Arming			Detected
Setback Pin Retreat			Detected

Table 6. X-ray film of 40mm grenade fuze

	
Side Image	Top Image

6. 결 론

본 논문에서는 신관 X-ray 이미지를 효과적으로 판독할 수 있는 탄약 자동화검사 알고리즘을 제안하였다. 신관 X-ray 이미지는 부품의 형태나 위치가 다를 수 있고, 이미지에 노이즈도 많아 판독이 어려운 경우가 많다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 판독하려는 Object에 노이즈가 있거나 위치나 각도가 변화하거나 형태가 일부 변형되었다라도 효과적으로 인식할 수 있는 Masked Template Matching 알고리즘을 적용하여 효과적으로 판독할 수 있었다. 또한 이미지 회전 알고리즘과 Object 탐색 알고리즘을 사용하여 특정한 위치의 부품 누락·판독을 효과적으로 수행할 수 있었다.

불량품 13종에 대한 실험결과 탄약 자동화검사 알고리즘을 통해 상부 및 측면 촬영 시 촬영 각도, 위치 배열 등이 변경되더라도 불량품을 효과적으로 검출할 수 있음을 알 수 있었다.

향후 개선방향은 불량품에 대해 통계적인 분석정보를 사용자에게 제공하면 보다 개선된 자동화검사 알고리즘이 될 것으로 판단된다.

References

- [1] "40mm grenade(K212) ammunition malfunction report", Ammunition Support Command, Nov. 10, 2011.
- [2] YongHwa Kim, "The report of 40mm grenade safety inspection result", Defense Agency for Technology and Quality, Dec. 30, 2015.
- [3] YoungHo Yoon, et. al., "The study on improvement of ATE reliability in production phase", Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea, Vol.47, No.6, 2010. 11.
- [4] "Ammunition, standard quality assurance provisions, general specifications(KDS 1395-1028-1)", Agency for Defense Development, July 31, 2012.
- [5] "FUZE PIBD - M549A1, less spitback assembly(MIL-DTL-0032175(AR))", U.S. Department of Defense, April, 26, 2004.
- [6] YoungHo Yoon, et. al., "Research on ATE development process standardization", Defense Agency for Technology and Quality, Nov. 2010.
- [7] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, "Digital image processing", 3rd. Addition, Addison Wesley, 2008.
- [8] Minchul Jung, "Machine-printed numeral recognition using weighted template matching", Journal of Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 10, No. 3, pp.554-559, 2009.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2009.10.3.554>

- [9] M. Cole, et. al., "Visual object recognition using template matching", Australian conference on robotics, 2004.
- [10] Min-Seok Choi, et. al., "A novel two stage template matching method for rotation and illumination invariance", Journal of Pattern Recognition, Jan. 2002.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0031-3203\(01\)00025-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0031-3203(01)00025-5)
- [11] C Heipke, "Overview of image matching techniques", OEEPE Official Publication, 1996.

주 진 천(Jin-Chun Ju)

[정회원]



- 1996년 2월 : 포항공과대학교 전산학과 (공학석사)
- 1996년 1월 ~ 2005년 12월 : 국방과학연구소 선임연구원
- 2011년 7월 : 광운대학교 방위사업학과 박사수료
- 2006년 1월 ~ 현재 : 국방기술품질원 선임연구원

<관심분야>

탄약류 품질보증, 신뢰성 분석기법

권 미 선(Mee-Sun Kweon)

[정회원]



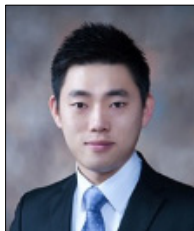
- 2000년 2월 : 동서대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)
- 2004년 5월 ~ 2012년 9월 : (주)네이블커뮤니케이션즈 책임연구원
- 2012년 9월 ~ 현재 : (주)비에네스 소프트웨어 상무

<관심분야>

영상처리, 네트워크 보안, 미들웨어 플랫폼

김 상 민(Sang-Min Kim)

[정회원]



- 2010년 2월 : 명지대학교 화학공학과 (공학학사)
- 2012년 7월 ~ 현재 : ㈜한화 보은사업장 품질개발팀

<관심분야>

탄약시험평가, 품질보증

안 남 수(Nam-Su Ahn)

[종신회원]



- 2004년 12월 : 펜실베이니아주립대 산업공학과 (공학석사)
- 2010년 1월 : KAIST 산업 및 시스템 공학과 (공학박사)
- 2010년 2월 ~ 2010년 12월 : LG 전자 선임연구원
- 2011년 1월 ~ 2015년 2월 : 국방기술품질원 선임연구원
- 2015년 3월 ~ 현재 : 울산과학기술대학교 산업경영과 교수

<관심분야>

품질경영, 최적화 이론, 생산스케줄링