

# 광학센서를 이용한 알약계수기의 계수알고리즘 향상에 관한 연구

홍인기\*, 원민규\*, 이순걸\*\*

## Research for enhanced counting algorithm of optical pill counting machine

InKi Hong\*, Min-Kyu Won\*, and Soon-Geul Lee\*\*

### ABSTRACT

It is fundamental to count and pack the pills in the medicine manufacture field but those tasks are time and labor consuming. Thus, the need for automation of those tasks is necessarily getting increased in order to get effective mass production. It is significant to perceive pills quickly and precisely. There were many trials for this processing but the performance of the existing counting machines varies about size, shape and dispersion tendency of pills.

In this paper, the authors try to improve the counting performance of a pill counting machine that has optical sensors with the neural network. The passing signal of pill is acquired with optical sensor and the passage signal of the pill is extracted as input patterns. The gradient and integration of signal during passing time and the time keeping the pill interrupt the light from the LED are used as characteristic feature. The back propagation and perception algorithm are used for training. Experimental results with several pills show that the designed algorithm is a little bit effective to reduce the noise effect which is generated from interference among the machine components and unreliable environment.

**Key Words** : characteristic feature, neural network, pill counting

### 1. 서론

제약회사의 무인화 공정의 필요성 대두는 단순한 인건비의 절감에 의한 알약의 생산 단가 감소에만 있는 것이 아니고, 인력투입으로 인한 청결한 알약의 생산환경을 확보하기 어려운 점을 극복하기 위해서도 꼭 필요하다 하겠다. 이런 수요를 충족시키기 위해서 많은 부분의 공정이 과거 수작업에서 현재는 자동화가 이루어져 있는 상태이다. 특히 인력 투입이 가장 많았던 알약을 세고, 포장하는 단계의 생산성 증대를 위해 태어난 기계가 알약계수기이다. 계수기는 단순 계수만을 담당

하는 것 뿐만 아니라, 계수한 알약을 포장하는 단계까지를 하나의 프로세스로 하여 효율성을 극대화하는데 초점을 두었다.

하지만 기존계수기의 경우 여러가지 문제점이 대두되게 되었다. 작은 알약 계수의 난해성, 불량 알약에 대한 처리불가, 무색 알약 측정의 난해성, 여러 가지 알약을 하나의 계수기를 통하여 계수함에 따라 오는 파라미터의 부적합성이 그 대표적인 예이다.

제약 생산성과 정밀성이라는 배치되는 두 개의 요소를 모두 충족시키기 위해 신경망을 도입하였다. 이는 우선 센서에서 받은 시그널을 마이크로 컨트롤러에 의해 전처리 후 산업용 컴퓨터를

\* 경희대학교 기계공학과(Tel. 031-201-2945, Fax 031-202-8106)

\*\* 경희대학교 기계공학과(Tel. 031-201-2506, Fax 031-202-8106)

통해 학습 및 실행시키는 원리를 가지고 있다.

낙하하는 알약의 신호 형태는 같은 알약이라도 지라도 매우 다양한 경향을 보인다. 그리하여 단순히 하나의 feature를 추출하고 이를 통해 검출 알고리즘을 돌리는 것은 정확도 측면에서 위험을 감수해야 함을 의미한다. 이런 제한점을 극복하고 더 나아가서 불량 알약포함여부나 이중 알약의 분류를 위해 신경망을 이용한 알고리즘을 제안하는 바이다.

## 2. 시스템의 구성

알약계수기는 알약공급장치, 알약계수 센서부, 각 포트별 개폐를 위한 차단기, 약병 공급/이송장치, 그리고 중앙 제어장치로 구성되어 있다.

### 2.1 작동원리

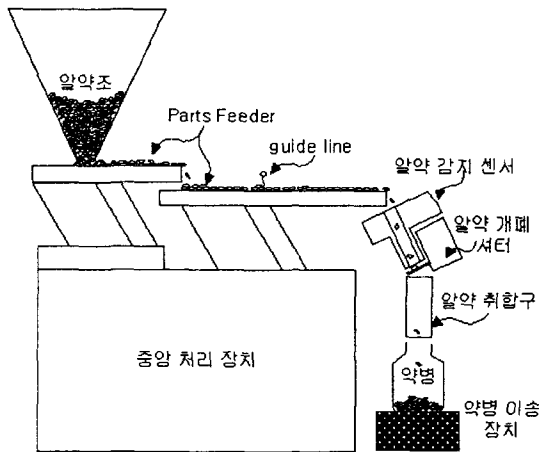


Fig 1. schematic of the system

알약계수기는 여러가지 형태가 있는데, parts feeder 와 1 개의 알약 통과 통로를 가진 시스템, 또 이보다 생산성이 높은 여러 채널의 통로를 가지고 각각의 통과 알약을 세고 포장하는 시스템이 있다. feeder 에서 나온 알약은 좁은 통로를 지나게 되는데 여기에 발광 및 수광 센서가 부착되어 있어 알약의 통과하는 동안의 전압변화를 받아들여 이를 마이크로 컨트롤러라는 프리프로세서로 전달하게 됩니다. 프리프로세서는 이때 알약 시그널의 필터링후 산업용컴퓨터가 계수하기 편한 디지털 신호로 출력을 하게 됩니다. 여기서 산업용컴퓨터

는 각각의 채널에서 들어온 전압변화 신호를 가지고 알약의 개수를 취합하게 되고, 취합된 데이터가 정해진 량에 다다른 차단기가 작동하여 더 이상의 알약이 포장되는 것을 막는 원리이다.

### 2.2 센서의 구성

알약의 신속한 계수를 위해 광학식 센서를 사용하여 알약의 신호를 감지해 낸다. 발광부는 백색광 고휘도 LED 를 사용하였고, 수광부는 패널형 포토 다이오드를 사용하였다. 패널형 포토 다이오드는 센서에 들어오는 광량에 비례하여 전류가 발생하는 센서로서 넓은 면적으로 빛과 반응하므로 관로 1 개당 하나씩 포토 다이오드를 사용함으로써 사각지대의 발생을 없애고 알약 통과시 얻어지는 광량을 적절히 신호화 할 수 있다.

## 3. 알약 시그널의 특성

알약은 관로를 통과할 때 발광부에서 나온 빛을 차단하게 되는데 이때 차단된 빛은 포토 다이오드에 들어가는 광량을 감소시키는 결과를 낳는다. 감소된 광량은 마이크로 컨트롤러로 가는 출력전압의 변화를 야기하고 이 전압 변화량을 가지고 알약을 세는 알고리즘을 적용한다. 알약통과 시그널(전압 수준의 변화)의 전형적인 형태는 그림 3 과 같다.

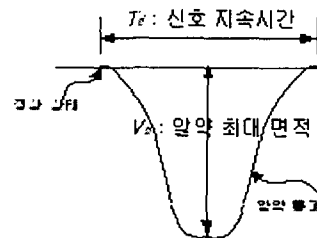


Fig 2. The typical signal of pill in voltage

여기서 주의 깊게 봐야 하는 특징량은  $T_d$  와  $V_d$  이다. 지금까지의 알약 계수기의 경우는 거의  $V_d$  에만 의존한 계수를 하였다. 하지만 이는 전술한 문제점들을 낳을 수 있는 위험을 내포하고 있다. 이를 극복하기 위해 도입한 특징량이  $T_d$  이다.  $T_d$  를 통해 다시 내리막 평균 기울기와 오르막 평균 기울기를 도출 할 수 가 있다. 이렇게 총 4 개의 특징량을 검출할 수 있다.

이 총 4 개의 feature 에 대해서 확률적인 고려를 하기 위해, 4 개의 크기와 모양이 다른 알약들 (큰 원형 알약, 큰 타원형 알약, 캡슐형 알약, 작은 원형알약)을 선정하여 그 알약 시그널을 받아 보았다.

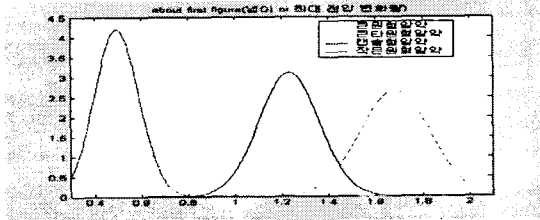


Fig 3. PDF diagram of each 4 pills about maximum voltage variation

여기서 단순 알약의 개수뿐만 아니라 불량 알약의 분류나 다른 알약과의 구분을 나누는 것을 생각해 볼 수 있다. 위의 pdf 선도는 알약의 전압 최대 변화량이나 넓이의 최대 변화량을 서로 다른 4 개 종류의 알약 각각 500 개씩을 실험한 결과의 분포를 나타낸 것이다. 보는 바와 같이 선형적으로 나눌 수 있는 시그널은 매우 제한적이다. 이는 단순 전압이나 최대 전압 변화량으로는 크기와 모양이 다른 알약의 구분이 쉽지 않다는 바를 시사한다. 이때 다른 feature 를 도입할 필요성이 느껴지게 되는데, 위에서 제기한 나머지 3 개의 feature 를 도입하고자 한다.

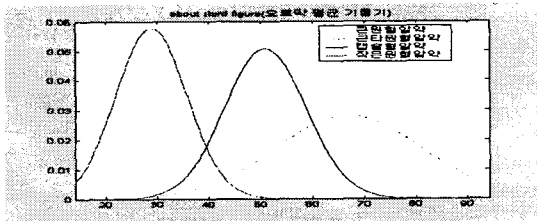


Fig 4. PDF diagram of each 4 pills about uphill average gradient

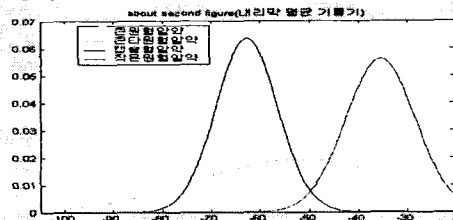


Fig 5. PDF diagram of each 4 pills about downhill average gradient

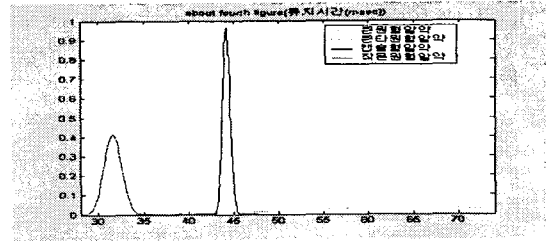


Fig 6. PDF diagram of each 4 pills about keeping the passing time

위에서 도입한 세개의 feature 를 모두 pdf 선도에 그려보면 내리막 기울기는 음의 scale 이고 오르막 기울기는 양의 scale 이기 때문에 두 feature 는 서로 상호연관성이 매우 깊다는 것을 알 수 있다. 그리하여 오르막 기울기는 버리고 내리막 기울기만을 feature 로 추출하였다.

각 feature 들은 다음과 같은 분포를 가지고 있음을 실험을 통하여 알 수 있었다.

Table 1. pill size and characteristic figure of each signal

| 알약 형태    | 단면적 (mm <sup>2</sup> ) | 전압 변화  | 내리막 기울기 | 오르막 기울기 | 신호 유지 시간 |
|----------|------------------------|--------|---------|---------|----------|
| 큰고 둥근 형태 | 93.03                  | 0.6123 | -97.24  | 29.159  | 34       |
| 큰 타원 형태  | 75.4                   | 1.6951 | -40.82  | 94.172  | 37       |
| 캡슐 형태    | 105                    | 0.6889 | -93.90  | 21.529  | 43       |
| 작고 둥근 형태 | 39.6                   | 0.2957 | -53.57  | 13.948  | 28       |
|          |                        | ~      | ~       | ~       | ~        |
|          |                        | 1.57   | -30.52  | 67.574  | 45       |
|          |                        | ~      | ~       | ~       | ~        |
|          |                        | 0.7237 | -20.42  | 48.248  | 32       |

위의 추출한 feature 를 보면 각각의 스케일들의 차이가 너무 큰 것을 알 수 있다. 이는 이 데이터들을 바로 학습시킨다면 학습 후에 생각지 못한 오류를 범 할 수 있음을 의미한다. 바로 Normalization 이 안되어있기 때문이다. 실제 신경망을 통한 학습 과정에서는 이 데이터들을 바로 쓰는 것이 아니라 Normalization 이 되어있는 데이

터들로 전 처리를 하고 입력을 시켰다.

여기서 또한 고려할 점이 하나 있는데, 위의 4개의 high level feature 수가 매우 제한적이라는 점이다. 적은 feature 수는 신경망의 부하를 줄여주는 효과가 있지만 그만큼 정확도와는 거리가 있는 결과를 얻을 수 있는 위험을 내포하고 있는 것이다. 따라서 저자는 새로운 low level feature 를 하나 더 고려하고자 한다. 바로 각각 샘플점의 전압 level 값이다.

샘플링이 1msec 마다 이루어졌고 위의 신호 유지시간의 단위가 msce 이기 때문에 feature 신호유지시간이 바로 샘플개수라고 볼 수있다. 위 표에서 알 수 있는 바와같이 가장 적게는 28 개의 feature 부터 가장 많게는 74 개까지 매우 다양하고 넓은 폭을 가지고 알약의 시그널이 나타남을 알 수 있다. 하지만 이중 후반부의 대부분의 샘플은 0 으로 채워지게 되어있다. 그러면 학습에서 차지하는 무게는 거의 없어지게 되므로 최소값인 28 개의 feature 만을 low level feature 로 선정하고 학습을 진행시켰다.

#### 4. 알고리즘의 제안

이상에서 추출한 feature 들을 이용하여 3 차원 상에 plotting 을 해보고 이를 선형적으로 나눌 수 있는 면이 있는지를 찾아보기 위하여 perceptron neural network 를 이용하여 학습을 시킨 결과 error 을  $10^{-1}$  으로 수렴 함을 알 수 있었다. 이는 선형적으로 나눌 수 있는 선이나 면이 존재하지 않는다는 것을 말해준다.

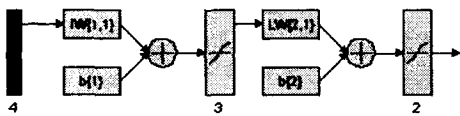


Fig 7. back propagation neural network suggested

그리하여 더 복잡하고 유연성이 좋은 back propagation neural network 로 신경망을 선정하였다. 이를 학습을 시키고 이를 통하여 시뮬레이션을 해 보면 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

#### 5. 실험 결과

시뮬레이션 결과 만족하진 못할 결과를 얻었지만, 어느 정도 패턴을 분류하는데 근접하는 것을 볼 수 있었다. 부끄러운 얘기지만 약 70% 정도의 정확도를 가지고 물건의 크기를 유추 해 내고 있었는데, 이는 많이 실망스러운 결과였다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 단순히 알약계수기의 계수 능력 뿐만 아니라, 더 나아가서 불량률을 최소화 하는데 초점을 두고 실험을 진행했었다. 또한 실용적인 면에서 생각해 본다면 어떤 섞여있는 일정 형상의 물체들을 떨어뜨리고 이때 발생하는 시그널을 통해서 이 떨어지는 물체의 크기를 높은 정도를 가지지는 못하지만 유추해낼 수 있다는 게 큰 성과인 것 같다. 아직은 만족할 만한 정도를 갖추진 못했지만 발전된 알고리즘을 많이 고민해 볼것이다.

앞으로 이 알고리즘을 실제 알약계수기에 탑재하여 불량률 0%에 근접한 수치를 낼 수 있도록 하고자 한다.

#### 참고문헌

1. C. Loughlin "Sensors for industrial inspection," Dordrecht ; Boston: Kluwer Academic Publishers, c1993.
2. Judd, Scott M. "Photoelectric sensors and controls" New York: M.Dekker, c1998.
3. ASTM Committee E-18 on Sensory Evaluation of Materials and Products. "Correlating sensory objective measurements - new methods for answering old problems" Philadelphia:ASTM,1976