

인공지능을 활용한 수도미터 성능시험 자동화방식에 관한 연구

이흥기, 오현우, 김웅식*

건양대학교, *건양대학교

leehngi@daum.net, osj0805@naver.com, wskim@konyang.ac.kr,

A Study on the Automation Recognition Method of Water Meters Using Artificial Intelligence

Lee Heung-Gi, Oh Hyun-Woo, Kim Woong-Sik*

Konyang Univ., *Konyang Univ.

요 약

수도미터는 국가로부터 형식 승인을 받은 법정 계량기로서 기계식 수도미터와 디지털식 수도미터가 존재한다. 두 종류의 수도미터의 정확도 성능시험에 있어서 기존의 육안 판독방식은 작업자 판독오류나 판독을 위한 반복적 유량 정지 등 다양한 문제점이 존재하였다. 기계식 수도미터는 아날로그 타입으로 4개의 자릿수 바늘 눈금을 가지고 있으며, 이 바늘 눈금의 각도로부터 숫자 데이터를 판독한다. 그러나, 디지털 수도미터는 딥러닝을 활용한 이미지 학습 방식을 통해 LCD의 이미지로부터 숫자 데이터를 판독해 내는 방식으로 영상인식을 통한 자동화 시험 방식은 육안판독을 위해 매번 유체의 흐름을 정지시켜야만 하는 기계식 수도미터의 판독 방법에 대한 문제점을 해결하였다. 따라서 본 논문에서는 수도미터의 측정 정확도 성능 시험에 인공지능을 활용한 수도미터 성능시험의 자동화 방식에 대한 연구를 수행하였다.

I. 서 론

종래의 수도미터의 측정성능시험은 수도미터에 표시된 적산량 지침값을 검사원이 육안으로 읽어서 기록하는 방식을 사용하였으며, 이러한 방식은 한 번에 수 십개 이상의 수도미터를 검사하는 과정을 고려했을 때 검사시간이 길어지고, 다수의 검사원이 필요하기도 하여 효율적이지 못했으며, 검사 업무량이 많아짐에 따라 지침값을 입력하는 와중에 오류가 발생하는 문제점이 발생하였다.

따라서 본 논문에서는 육안 판독방식에 의존해오던 수도미터 성능검사 방식의 현안과 문제점을 파악하고, 카메라를 이용한 인공지능 영상 분석 기술을 적용하여 성능검사시험업무를 보다 현대화 하고 업무개선과 효율성 향상을 위해 연구하였다.

II. 본론

수도미터의 측정성능오차 값의 산출은 동일한 시간동안 수집된 기준유량계의 적산 값과 20대 수도미터 각각의 수집 시작지침과 정지지침 사이에서의 증가된 유량 값과의 비교를 통한 Reading Error 방식으로 계산된다.[1]



그림 1. 검사원에 의한 육안판독방식 시험설비

그림1과 같이 검사원에 의한 육안판독방식 시험설비는 기계식 수도미터 나 디지털 수도미터 모두 유량이 흐르고 있는 동안에는 지침 값이 계속 변동하기 때문에 정확한 육안 판독이 불가능하다.

다수의 수도미터 상부에 카메라를 설치하여 적산 유량의 시작과 정지 타이밍에 맞추어 각각의 이미지를 취득할 수 있도록 설계하였으나, 각각의 이미지를 PC 화면에서 작업자가 일일이 판독하여 데이터로 입력해주는 방식으로 취득된 이미지의 판독과 입력의 과정을 작업자가 모두 수행해야 하므로 계속 입력 대기를 수행해야 하는 단점이 있었으며, 완전 자동화 운전을 구축하기에는 어려운 문제점이 존재하였다.[2]

1. 검사대상 수도미터의 종류

기계식 수도미터는 무 전원 타입으로 하부 내압에 위치한 회전 익차가 유량의 흐름에 비례해 회전하는 구조를 가지고 있으며, 디지털수도미터는 배터리타입으로 저 전력 회로를 가지고 있으며 기계식수도미터와 하부구조는 동일하나 회전하는 바늘지침이 없는 대신 축의 회전수에 비례하는 단위펄스를 읽어서 적산유량 값을 LCD디지털 숫자판에 소수점 넷째자리까지 표현하고 있다.

2. 수도미터 시험설비의 구성 및 타이밍 동기화

수도미터 상부에 카메라 및 조명을 설치하고 촬영서터신호인 5V Trigger 신호를 이용하여 이미지 촬영을 수행하였다. 기준 유량계의 적산 Pulse는 0.001L당 1Pulse의 형태로 연속적인 출력이 되도록 설정하였으며 적산Pulse의 고속 카운트와 Trigger 신호의 출력제어가 가능하도록 프로그램을 입력하여 수도미터 시험설비의 타이밍 동기화에 의한 적산데이터 수집기능을 수행하였다.

그림 2의 기준 유량의 수집과 이미지 촬영 Trigger신호 동기화 구조에서 시험 유량이 공급되면 Trigger 신호에 의해 적산 카운터의 시작과 정지가

순차적으로 이루어지고 이 순간과 동기화된 이미지가 각각 촬영된다.

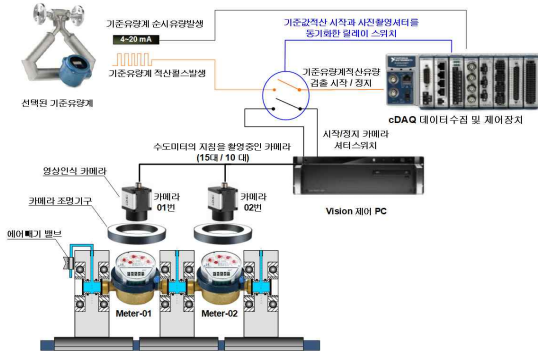


그림 2. 기준 유량의 수집과 이미지 촬영 Trigger 신호의 동기화

촬영된 각각의 이미지는 숫자 판독 과정을 거쳐 시작 및 정지 이미지에 마스크되고 수집된 기준 적산유량과 비교하여 오차율이 계산되고 저장된다. 기준유량계와 수도미터간의 데이터 취득 점에 대한 정밀한 타이밍 동기화는 3 분정도의 짧은 시간 동안의 데이터라도 결과오차의 재현성이 높아짐을 확인할 수 있었다.

3. 기계식수도미터의 이미지 데이터 판독과정

촬영된 이미지로부터 4개 바늘의 회전 각도를 구할 수 있는 좌표 평면을 찾아내고, 이 좌표평면을 기준으로 회전 평면상에 그려진 각 바늘의 각도 값으로부터 소수점 자리수별 원소유량을 계산할 수 있다. 이렇게 구해진 소수점 첫째 자리부터 소수점 넷째자리까지의 원소유량 값을 모두 합하면 m^3 단위 이하의 소수점에 해당하는 부분의 적산유량을 산출할 수 있다.

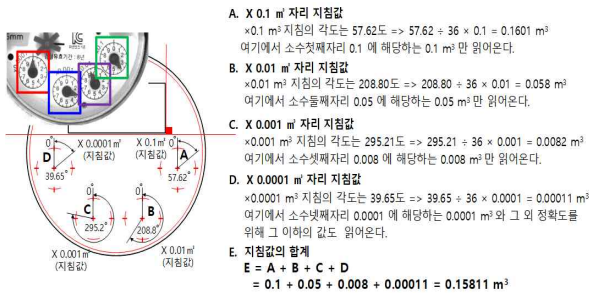


그림 3. 기계식 수도미터의 이미지 데이터 판독 과정

4. 디지털 수도미터의 이미지 데이터 판독과정

디지털수도미터는 연속으로 나열된 숫자 값의 촬영임으로 매칭율에 의한 분석만으로도 높은 인식율이 확보될 것으로 예상되었으나 빛에 의한 굴절과 번짐, LCD의 미세한 얼룩 등의 요인으로 인해 인식 오류가 많이 발생하게 되었으나, 마스크된 1,414개의 트레이닝 데이터 이미지를 COGNEX사의 Deep Learning 모듈코드를 활용해 학습시켜 얻어진 필터 값에 의한 판독을 시행한 결과 평균 99.68 %의 높은 인식율을 확보할 수 있었다.[3][4]

2784 samples, 1414 trained					Features		Training Set (1414 Views)	
Feature	Found	Train	Recall	Prec				
0	1527	788/1576	96.6	99.87				
1	1496	771/1536	97.1	100.0				
2	1672	849/1660	99.75	99.02				
3	1497	771/1508	97.8	98.9				
4	1448	756/1457	98.9	99.86				
5	1195	613/1213	98.2	99.83				
6	1163	589/1179	98.3	99.83				
7	1190	600/1198	99.0	99.5				
8	1089	573/1131	95.2	100.0				
9	1206	646/1237	97.3	100.0				
	13483	6956/13695	97.8	99.65				
			97.8	99.68				

그림 4. 디지털 수도미터의 이미지 데이터 판독 과정

5. 영상인식 시험장치의 장점

검사원에 의한 육안판독 시험방식은 1세트 시험에 약 1시간 20분 정도의 시간이 소요되지만 영상인식방식을 적용한 수도미터시험장치의 경우 약 40분 만에 1세트의 시험을 완료할 수 있었다.

또한 Q1 Q2 Q3 유량 포인트별 시험에 관련된 모든 과정을 프로그램 하여 시퀀스로직에 적용시킬 경우 시작부터 시험 종료 후 성적서 출력까지 자동화 운전으로 구현할 수 있었다. 이는 무인화 시험이 가능해 진 것으로 작업자의 업무효율 향상에 큰 효과를 얻을 수 있었다.

높은 이미지데이터 판독 율은 양질의 이미지데이터의 취득에서부터 시작됨으로 수도미터상부 카메라의 초점거리와 설치 각 조절은 매우 중요한 요인이었으며, 균일한 이미지 취득을 위해 서보모터로 전체카메라의 초점 높이를 제조사 및 모델별로 제어할 수 있게 하였다.



그림 5. 영상인식 자동수도미터 성능 시험장치

III. 결론

본 논문에서는 기계식 수도미터와 디지털 수도미터의 측정성능시험에 있어 인공지능을 활용한 이미지 판독기능을 적용했을 때 시간과 에너지 절약 측면에서 좋은 성과가 있었다. 하지만 제조사와 모델에 따라 다른 모델의 학습을 필요로 하거나 이미지 객체 감지 영역을 변경시켜주어야 하는 번거로움이 있었다. 이러한 문제를 해결하기 위해 수도미터를 제조사 모델별로 데이터베이스화 하여 제조사와 모델을 선택하면 모델에 해당하는 최적의 이미지 판독환경이 준비되도록 하였다. 따라서 본 논문에서 연구한 시험시스템의 데이터추출 방식은 향후 유사한 사례의 시험환경에 응용이 가능할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 산업통상자원부고시 제2022-167호, "수도미터기술기준" 제1장 수도미터 형식승인 기준, pp10~P11, 2022.10.14
- [2] 한국수자원공사, 출원번호10-2012-0102851, "수도미터성능검사장치" pp5~6, 2012
- [3] 김찬, 김경수 "딥러닝을 이용한 정형화된 답안지의 숫자 인식 시스템 설계" pp2~3, 2022 한국컴퓨터종합학술대회 논문집
- [4] 조민환, "HMM을 이용한 수기숫자 인식에 관한 연구", 한국컴퓨터정보학회, pp. 121-125, 2004