

고속 WIM 시스템 개발

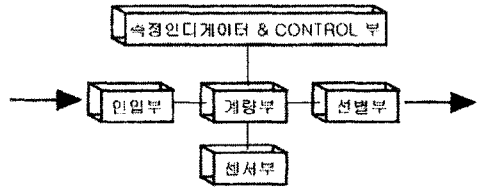
안기용, 박흥준, 박찬원**, 민남기***
 *(주)카스, 강원대학교**, ***고려대학교

Development of High Speed Weighing-In-Motion System

Ki Yong Ahn*, Heung Joon Park*, Chan Won Park**, Nam Ki Min***
 *CAS, **Kangwon National University,***Korea University

Abstract - 본 연구는 경쟁력 있는 국내의 제품들의 성능을 분석·비교하여 보다 저렴하고 고성능의 WIM 시스템을 국산화하였다. 기구부 및 구동부에는 ANSYS 등을 이용한 수치 해석적 방법을 적용해 설계·제작하였고, 측정 인디케이터부는 32 Bit 고속 DSP 전용 컨트롤러를 개발하여 계량물의 고속 이동시에도 완벽하게 처리할 수 있도록 하였다. 개발된 WIM checker의 성능은 다음과 같다 ; 선별속도 : 300개/분, 선별정도 : 최대 0.1%, 분해능력 : 16 bit, 변환속도 : 100 Hz.

행된다.



1. 서 론

WIM 시스템은 이동하는 물체의 하중을 측정하는 시스템으로, 무게에 따라서 제품을 점검, 구분, 분류를 하는데 사용되며, 전체 생산 라인에서 중요한 역할을 수행한다. 즉, WIM SYSTEM은 작업자가 생산품의 무게를 검토하는 기존의 과정을 대신해 자동화된 라인 상에서 이미 설정된 무게 값을 비교 확인하는 과정을 수행하기 때문에 효율성에서 매우 우수하다. 또한 기능면에서 Checker는 포장물의 무게를 단순 측정하거나, 이미 설정한 상한, 하한 무게 구간과 비교하여 포장무게를 하한, 정량, 과량으로 생산 라인에서 동적 계량상태로 분류할 수도 있기 때문에 공장자동화에 적합하다.

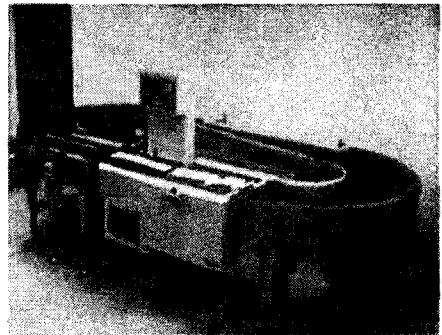


그림 1 WIM 시스템의 구성도

본 연구는 경쟁력 있는 국내의 제품들의 성능을 분석·비교하여 보다 저렴하고 고성능의 WIM 시스템을 개발하였다. 기구부 및 구동부에는 ANSYS 등을 이용한 수치 해석적 방법을 적용해 설계·제작하였다. 측정 인디케이터부는 32 Bit 고속 DSP 전용 컨트롤러를 개발하여 계량물의 고속 이동시에도 완벽하게 처리할 수 있도록 하였다.

2. WIM 시스템의 구성

그림 1은 WIM 시스템의 구성을 나타낸 것으로, 일반적으로 측정 인디케이터 및 제어부, 인입부, 계량부, 선별부, 센서부로 구성된다. 인입부는 진입하는 계량물을 정렬하여 계량부로 진입하기 전에 일정한 간격을 유지시켜주는 역할을 하며, 계량부는 인입부를 통해 전달된 계량물을 로드 셀(아날로그 형 및 디지털 형)을 통해 무게 계량을 완료하여 선별부 로 전달해주는 역할을 한다. 또한 선별부는 계량부를 통과한 제품의 과량, 정상, 미량을 선별하여 분리해 주는 역할을 한다. 그리고 이러한 모든 과정의 입·출력은 측정 인디케이터 및 제어부로 이루어진다.

2.1 기계부 시스템의 구성

기계부분은 공급장치, 집판, 배출이송, 선별장치로 구성된다. 인입 장치의 목적은 저울 집판 위에 제품 또는 용기의 적합한 공간과 시간을 유지하기 위함이며 동적계량 판정 시간에 집판 위에 단지 한 개의 물건이 공급되도록 해야 한다. 인입 장치 설계의 선택은 상품 또는 용기의 크기, 형상, 공간과 속도에 의존한다. 어떤 경우는 인입 장치가 필요하지 않다. 예를 들면 작은 자루와 같은 것은 충전기로 부터 직접적이고, 연속적으로 정해진 시간 내에 담겨져서 이송되기 때문이다. 인입 장치는 일반적으로 5가지가 있으며, 벨트, 체인, 타이밍 스크루, 로터리 타이머, 측면 이송 장치가 있다.

인입부로 들어오는 물체가 계량부 위를 지날 때 계량부 입구의 광센서의 빛을 차단하면 물체의 무게 신호는 마이크로컴퓨터에 전송되고 무게 컴퓨터에 사전에 입력되어진 상한, 하한 무게 범위에 대해 판정된다. 만약 물체가 상한, 하한 무게를 벗어나면 선별기에 의해 제품 라인에서 제외되고, 물체가 정상이면 다음 공정으로 진

행된다. WIM SYSTEM에서 계량부와 측정부는 WIM의 기계적인 장치에서 가장 중요하다. 만약 계량부가 계량물 보다 작으면 계량물은 불안정하게 되고, 무게값은 흔들리며, 또한 구조물에 간섭을 받게 되어 계량 값은 정밀도와 신뢰성이 떨어지게 된다. 이상적인 계량 상태는 안정성이 유지되고, 주변의 잘 조절된 통풍 장치를 가지고 있어 온도와 습도가 조절되어지고 있는 계량부 위에 계량물이 들어오는 것이다. 그러나 불행하게도 지금의 생산라인의 대부분은 이러한 이상적인 상황과는 거리가 멀며, 액체와 같이 자체의 진동을 가지고 있는 제품들이 이송되거나, 정전기를 품은 제품들이 이송되면서 안정적인 무게 값에 많은 영향을 주고 있다. 또한 주변의 항상 온도, 습도와 공기 흐름이 변화가 심해 많은 불안정한 요소들이 많아서 더욱더 열악한 상황이다. 부가적

으로 생산라인의 제품 생산 속도는 제품이 계량부를 지나가는 수 만큼 높아짐으로 계량과 이송에 충분해야 한다. 결국 WIM SYSTEM의 계량과 신뢰성은 공급 측의 상품 취급 문제뿐만 아니라 계량부와 선별부의 배출도 중요하다.

선별기의 분리 기구물 형태는 용기의 형태, 속도와 조건에 따라 다르다. 예를 들면 빵을 굽는 분말의 경우 낙하 방식을 사용할 수 있으나 말린 국수는 아마도 매우 조심스럽게 밀어서 분리 시켜야한다. 고속 선별장치에는 center gate and drop-through의 두 개의 기본적인 형태가 있다. 즉각적인 모드에서 광센서가 차단되었을 때 분리 장치는 즉각적으로 움직이고 다음 분리를 위하여 선별하는 시간 동안에 되돌아와서 분리 위치에서 대기하고 있다. 그림 2는 개발된 고속 선별부의 사진이다. 저속 선별장치로는 5가지 종류가 있다 : 밀어내기, 쓸어내기, 평행 문, 공기로 불어내기, 자석을 이용(MFD:magnetic flow director)한 분리 장치가 그것이다. 저울 위에 상품이 올라가는 동안에 상품이 분리 지역에 도착되면 선별 장치가 동작하기 위해서 시간이 필요하다.

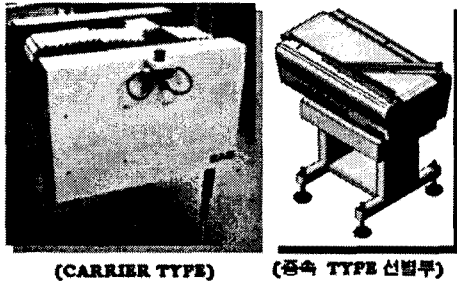


그림 2 고속 선별부

2.2 전자부

그림 3에 나타난 시스템의 전자부분은 마이크로 컴퓨터와 연속 제어를 갖는 저울부로 구성되어있다.

WIM 시스템의 핵심 부분은 무게 감지 소자이다. 이것은 제품을 지지하고 감지소자가 무게에 따른 신호를 발생시키며 마이크로 컴퓨터에 의해 처리한다. 저울부는 스트레인 게이지를 응용한 로드 셀 방식 저울이다. 로드 셀을 사용한 경우 무 부하에서 최대하중까지 저울 전체 무게 범위에서 사용이 가능하다. 로드 셀 방식 저울은 제품이 포개지거나 찢어져서 발생하는 높이 변화와 같은 상황에 대한 보상 능력을 가지고 있으며 자동 영점 보상 기능을 가지도록 설계할 수 있다.

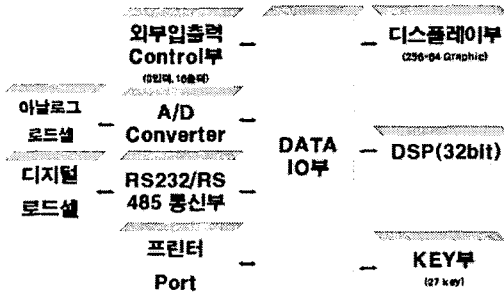


그림 3 WIM 시스템의 전자부 구성도

그림 4는 개발된 메인 PCB의 외관이며, 32bit DSP 적용, 100가지의 계량 품목 데이터 저장, Analog 로드 셀 변환 400Hz, Digital 로드 셀 통신기능 내장, 진

동 알고리즘 내장, 256*64 그래픽 VFD 표시, 프린터 연결 가능 등의 특징을 갖고 있다.

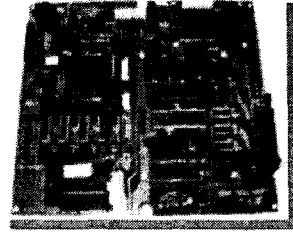


그림 3 main PCB 시제품

그림 4는 외부입력신호(센서입력, 8개)와 외부출력신호(250VAC접점출력, 16개)를 처리하는 I/O PCB이다.

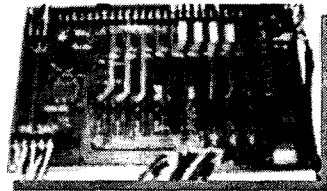


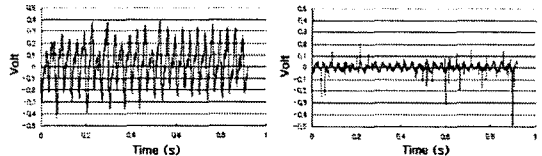
그림 4 IO PCB 시제품

3. WIM 시스템 보상

동적 상태에서 진동과 속도는 계량오차를 발생하는 중요한 요인이며, 이들을 보상하지 않으면 정밀도를 확보할 수 없다.

3.1 진동 보상

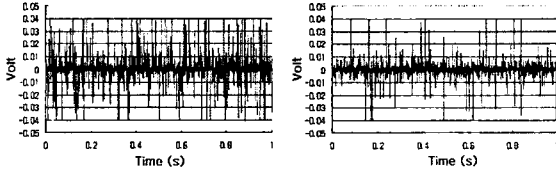
진동보상의 목적은 진동을 최소화하여 고속에서도 안정된 시스템을 구현하는 것이다. 이를 위해, 먼저 실험적 방법으로 실제 기구물의 진동원인을 규명하고, 다음 ANSYS용 수치해석적 모델을 적용해 동하중 측정 시스템의 진동특성을 규명하여, 두 데이터의 비교분석을 통해 진동결과를 도출한 후, 최종적으로 피에조 효과를 이용해 보상을 실시하여 진동을 최소화하였다. 피에조 효과를 이용하여 진동제어를 수행할 때에는 피에조를 센서와 액추에이터로 사용한다. 이때 피에조 센서의 신호에 전원노이즈 성분이 상대적으로 커서 구조적 진동 신호가 보이지 않게 된다. 이에 대한 대책으로 피에조 센서의 신호를 저주파 통과 필터에 통과시켜서 제어를 수행하였다. 그림 5는 피에조 센서를 이용한 전원 노이즈 제거 결과를 나타낸 것이다.



(a) 필터링 전 (b) 필터링 후
그림 5 피에조 센서의 전원 노이즈 제거

피에조 액추에이터를 이용한 진동제어 실험을 하였다. 구조물의 진동신호를 제어부를 통해 취득하였다. 이 신호에서 변위와 속도를 계산하여 속도보상제어기를 설계하였다. 속도보상 제어기는 다음 단계의 신호의 크기를 미리 예측하여 적절한 제어력을 가할 수 있기 때문에 본 시스템과 같은 고속으로 구동되는 시스템에 적용하여 좋은 제

어 성능을 낼 수가 있다. 실제 실험에서는 제어력의 gain을 튜닝하여 시스템의 최적 gain을 얻어내서 진동제어를 수행하였다. 그 결과를 보면 그림 6과 같으며, 제어후의 신호는 제어전의 신호보다 RMS값이 약 0.617배 정도로 크기가 줄어들었음을 알 수 있다.



(a) 제어 전 로드 셀 신호 (b) 제어 후 로드 셀 신호
그림 6 피에조 액추에이터를 이용한 진동제어 결과

표 1은 진동 보상만 실시하였을 경우 측정결과이다. 계량은 크기, 130x70x 140 mm, 무게 55g의 물체가 사용되었다. 속도가 증가할수록 정밀도가 향상됨을 알 수 있다.

표 1 진동보상만 적용 시 측정결과

| 벤트속도 | 보상전 | | 보상후 | |
|---------|--------|-------|--------|-------|
| | 최대계량횟수 | 정밀도 | 최대계량횟수 | 정밀도 |
| 10M/MIN | 25개 | 0.05% | 25개 | 0.05% |
| 20M/MIN | 50개 | 0.1% | 50개 | 0.05% |
| 30M/MIN | 80개 | 0.1% | 80개 | 0.1% |
| 40M/MIN | 110개 | 0.2% | 110개 | 0.1% |
| 50M/MIN | 150개 | 0.3% | 150개 | 0.2% |
| 60M/MIN | 200개 | 0.3% | 200개 | 0.2% |

3.2 속도 보상

진동과 더불어 계량 오차를 발생하는 중요한 요인 중 하나이다. 일반적으로 속도가 빨라질 경우 계량 볼은 실제 중량보다 작은 중량을 나타내게 된다. 이러한 현상은 빠른 속도로 이동하면서, 계량 물에 양력이 작용하여 발생한다. 따라서, 동적 계량에서 계량의 오차를 줄이기 위해서는 약력에 의한 영향을 무시할 수 있도록 속도를 줄이는 방법이 가장 좋은 방법이 될 것이다. 속도보상은 일차로 실험적 방법으로 실제 계량오차를 분석하고, 실험적 결과를 통한 보상 알고리즘 추출한 후, 학습 알고리즘의 적용하여 속도 보상을 실시하였다. 이때, 보정상수(Φ)를 사용자가 사용조건에 맞게 설정하여 사용할 수 있도록 하였고, 또한, 보다 사용상의 편의를 고려하여, 자동으로 보정상수를 계산하여 적용할 수 있는 알고리즘을 내장하였다. 이 알고리즘은 계량 물의 정적상태 중량을 알고 있을 때, 속도와 관계없이 계량 물을 10회 연속 계량하여, 정적중량과 10회 계량한 평균값의 오차를 보정상수에 적용하는 방법으로 사용자는 보다 쉽게 사용할 수 있다.

표 2는 진동보상과 속도보상을 동시에 적용한 경우 시험 결과이다. 진동만 보상하였을 때와 비교하면 약 100%의 정밀도 향상을 가져옴을 알 수 있다.

4. 고속 checker 시제품

그림 7은 연구 개발된 고속 checker의 외관을 나타낸다.

표 2 진동보상과 속도보상 적용 시 측정결과

| 벤트속도 | 보상전 | | 보상후 | |
|---------|--------|-------|--------|-------|
| | 최대계량횟수 | 정밀도 | 최대계량횟수 | 정밀도 |
| 10M/MIN | 25개 | 0.05% | 25개 | 0.05% |
| 20M/MIN | 50개 | 0.1% | 50개 | 0.05% |
| 30M/MIN | 80개 | 0.1% | 80개 | 0.05% |
| 40M/MIN | 110개 | 0.2% | 110개 | 0.1% |
| 50M/MIN | 150개 | 0.3% | 150개 | 0.1% |
| 60M/MIN | 200개 | 0.3% | 200개 | 0.15% |



그림 7 고속 checker 시제품

표 3은 개발된 시제품의 주요 사양이다.

표 3 개발된 고속 checker의 사양

| | |
|--------------|---------------------|
| 분해능 | 16 bit |
| 정도 | 0.1%FS |
| 변환속도 | 100Hz |
| 측정 채널수 | 6 |
| 영점변환 | 0.001%/℃ |
| 스팬변환 | 0.001%/℃ |
| 측정인디케이터 | 진용인디케이터, Checker 개발 |
| 신호처리 알고리즘 | 개발 |
| 진동제거, 속도보상기능 | 자체내장 |

5. 결 론

본 연구에는 저가의 고성능의 WIM 시스템을 국산화하였으며, 적용분야는 과자류 같은 단품 제조라인 후단에서 불량품의 출하방지, 자동차 가스 캔 등과 같은 산업용 부품라인에서 불량품 선별, 미분가루 또는 작은 알갱이를 담고 있는 포대 계량, 화장품 등과 같은 액체 원료의 동적 계량, 전자회사서 포장된 BOX 제품의 결품 선별 등이다.

본 논문은 산업자원부에서 시행한 산업기반기술개발사업(공장 자동화 센서개발)의 기술개발결과입니다