

LabVIEW를 이용한 Conveyor Scale의 원격 교정제어 및 모니터링 시스템

(Remote Calibration Control and Monitoring System for Conveyor Scale using LabVIEW)

방남수* · 장우진 · 송중호**

(Nam-Soo Bang · Woojin Jang · Joong-Ho Song)

Abstract

In general, electronic conveyor scales are installed in a relatively distributed manner on the crushed rock and sand production site. It is one of the time-consuming and difficult engineering works to monitor and control the plant operation status such as the management of measuring data, malfunction of belt conveyor, and fault of electronic conveyor scale. Therefore, to alleviate the inefficient problems and to monitor the operating plant in the online and remote control room, a remote calibration and real-time monitoring system, which is practically applied to the electronic conveyor scale system and verified by onsite experiment, is developed based on the LabVIEW.

Key Words : Conveyor Scale, Remote Calibration, LabVIEW-Based Monitoring System

1. 서 론

골재를 대량으로 생산하는 골재산업에서 제품의 생산량을 계량하기 위해 전자식 컨베이어 스케일을 벨

트 컨베이어마다 한대씩 여러 대를 현장 제어 판넬에 분산 설치하여 운영하고 있다. 이러한 계량 시스템을 유지 관리하기 위해서는 전문 인력이 정기적, 주기적으로 현장을 순회하며, 벨트 컨베이어의 상태를 점검하고, 계량오차를 확인하기 위해 벨트 컨베이어를 빈 벨트로 회전시켜 현장에 설치된 전자식 계량 컨트롤러를 통해 계량오차를 확인한다. 따라서 분산된 전자식 계량 컨트롤러의 현장 운영을 오프라인 방식으로 관리할 경우 벨트 컨베이어의 기계적 이상, 로드셀 및 속도 발신기 고장 등에 있어서 계량오차 발생에 따른 전자식 계량 컨트롤러를 통해 문제점을 파악하는 것은 시간적, 경제적으로 비효율적이다. 따라서 이러한 비효율적인 문제점을 최소화 하고, 원격에서 온 라인 방식으로 집중관리 하기 위해서는 분산된 전자식 계량 컨트롤러를 일원 관리하는 동시에 원격에서 교정

* 주저자 : 서울과학기술대학교 전기공학과 석사과정
** 교신저자 : 서울과학기술대학교 교수
* Main author : Working towards a master's degree in Electrical Engineering of Seoul National University of Science and Technolog
** Corresponding author : Electrical Engineering professor at Seoul National University of Science and Technolog
Tel : 02-970-6415, Fax : 02-978-2754
E-mail : joongho@seoultech.ac.kr
접수일자 : 2012년 7월 19일
1차심사 : 2012년 7월 27일
심사완료 : 2012년 9월 11일

외부와의 통신 인터페이스를 위해 RS232 및 RS422 직렬통신을 제공하고 있다[5].

3. 제안하는 원격교정제어 및 모니터링

그림 2와 같이 CFC는 단독으로 운영시 전자식 컨베이어 스케일의 기본적인 제어를 완벽히 수행한다. 그러나 분산된 오프라인 시스템에서의 관리는 계량오차에 의한 벨트 컨베이어의 기계적 이상, 로드셀과 속도 검출기의 고장, 계량관리 등에 있어서 실시간으로 문제점을 파악하고 조치하는 것이 어렵다. 따라서 제안하는 원격 교정제어 및 모니터링 시스템에서는 CFC에서 제공하는 RS232 및 RS422 직렬통신을 이용하여 RCC-MS간의 통신 인터페이스를 형성하였고, 또한 현장에 분산 설치된 CFC를 원격에서 집중관리하기 위해 멀티포트를 사용하였다. 멀티포트는 RCC-MS측에서 멀티포트를 통해 원격지에 있는 CFC의 계량데이터를 모니터링하거나 교정 작업을 하기 위해 동작을 제어함으로써 RCC-MS측에서 사용자가 실시간으로 작업을 수행할 수 있다. CFC와 RCC-MS간의 데이터를 송/수신하기 위해 적용된 전송속도(Baud Rate)는 9600bps, 시작 비트(Start Bit)는 1bit, 데이터 비트(Data Bit)는 확장된 ASCII로 8bit, 에러 체크를 위한 패리티 비트(Parity Bit)는 짝수(even), 정지 비트(Stop Bit)는 1bit로 설정하였으며, RCC-MS에 적용된 통신규칙은 RS232 및 RS422의 송/수신에 모두

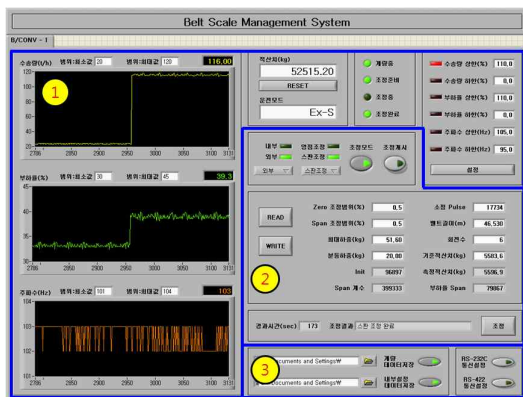


그림 3. RCC-MS 화면
Fig. 3. Display of RCC-MS

적용되었다. 또한 그림 3과 같이 RCC-MS의 프로그램은 NI사의 LabVIEW를 기반으로 제작되었으며, RS232와 RS422 통신은 VISA(Virtual Instrument Software Architecture) 함수를 이용하였다[6]. 화면상에서 ①은 RS232 통신을 통하여 1초 간격으로 수신되는 계량 데이터를 모니터링하는 부분이며, CFC로부터 수신되는 텍스트 내용은 표 1과 같다. ②는 RS422 통신을 통하여 원격에서 영점보정, 영점 및 스펀을 조정 부분이며, ③은 통신화면 호출 및 엑셀 파일에 데이터를 저장하는 부분으로 구성하였다.

표 1. CFC로부터 수신되는 텍스트 내용
Table 1. The text information receive from CFC

순번	변수	데이터 내용	단위
1	T_L	총 적산량	kg
2	Q	순시수송량	t/h
3	W_L	부하율	%
4	V_f	속도 주파수	HZ
5	AL	부하율/순간수송량/주파수	정보
6	ST	운전모드 및 상태	bit

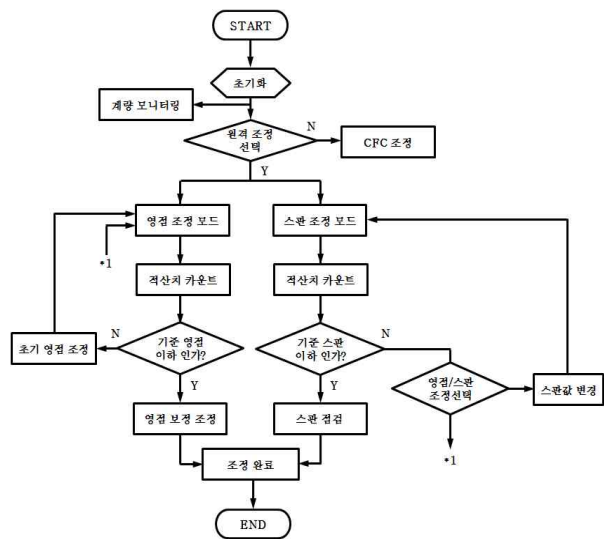


그림 4. 프로그램 순서도
Fig. 4. Program flow chart

RCC-MS의 프로그램 구성은 그림 4와 같이 크게 보면 원격에서 교정제어 즉, 계량오차의 정도를 확인하

거나 이미 계량오차가 진행된 경우 교정제어를 위해 영점 및 스파ن 조정을 제어하는 부분과 표 1의 데이터를 활용한 부하율, 순시 수송량, 속도 주파수의 그래프를 통해 벨트 컨베이어의 기계적 이상 상태나 로드셀 및 속도 검출기의 고장 등을 사전에 예측할 수 있는 계량 모니터링 부분으로 나뉘어져 있다. 원격에서 교정제어를 실시하기 위해서는 RCC-MS에서 원격 조정 선택을 Y로 선택하여야 하며, N을 선택할 경우 CFC 단독으로 로컬 교정제어를 시행할 수 있다. 만약 원격에서 영점조정을 위해 영점 조정 모드를 선택하였다면 벨트 컨베이어의 벨트 위에 운반물이 전혀 없는 상태에서 벨트 컨베이어를 운전시키고 속도가 일정한 상태에서 그림 5[5]의 영점조정 타임차트와 같이 그림 6의 영점 보정을 실행한다. 설정된 벨트 회전수에 따른 경과시간 동안 측정된 적산치는 연산부에 입력되며, 영점오차 Z_{val} 값은 다음과 같이 계산된다. 여기서 식 (2)의 총 적산량 (T_L)은 다음과 같이 다시 정리된다.

$$T_L = W \times B_l \times B_n \quad (3)$$

$$Z_{val} = \left(\frac{T_{Lcount}}{T_{Lrf}} \right) \times 100 \quad (4)$$

여기서 T_L 은 총 적산량(kg), Z_{val} 는 영점오차 값(%), W 는 운반물 최대중량 값(kg/m), B_l 는 벨트 길이(m), B_n 는 벨트 회전수, T_{Lcount} 는 측정 적산치(kg)이다.

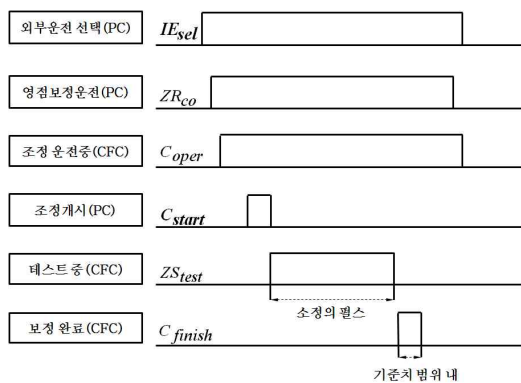


그림 5. 영점 조정 타임차트
Fig. 5. zero adjustment of time chart

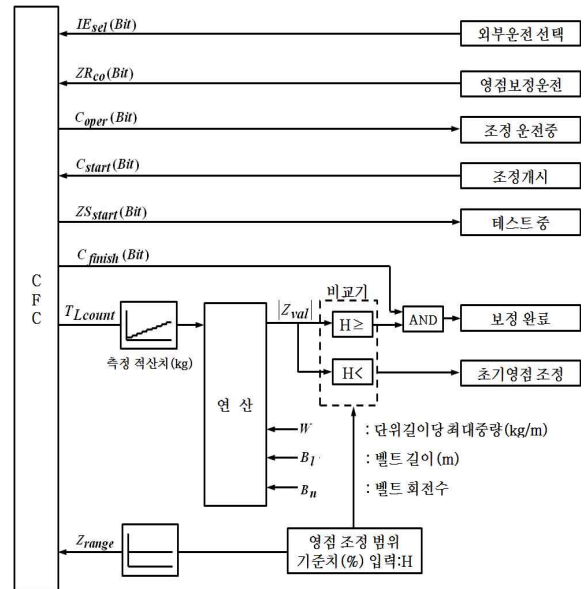


그림 6. 영점보정 블록 다이어그램
Fig. 6. Block diagram for zero correction

만약 영점 오차값 Z_{val} 이 영점 조정 범위 기준치(H) 값과 비교기에서 비교하여 $H \geq Z_{val}$ 라면 영점보정이 CFC 자체적으로 완료가 되어 조정이 완료되고, $H < Z_{val}$ 라면 초기영점을 그림 7과 같이 연산부에서 연산을 통하여 계량오차 만큼 초기영점을 재설정한다. 연산부의 초기영점 재설정 값은 다음과 같이 계산된다.

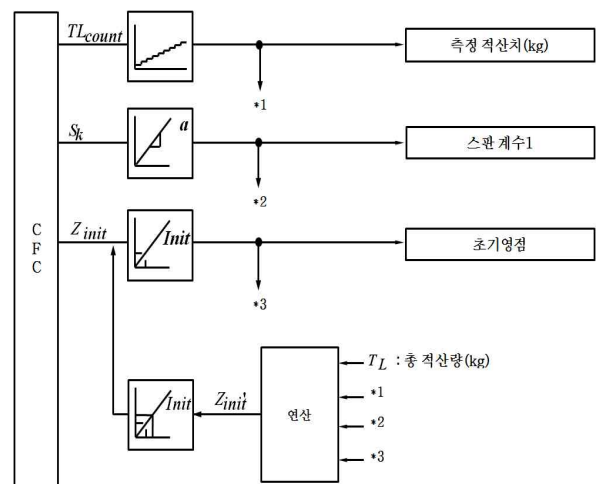


그림 7. 초기영점 조정 블록 다이어그램
Fig. 7. Block diagram for initial zero adjustment

$$Z_{init}' = \left(\frac{T_{Lcount}}{T_{Lrf}} \right) \times S_{kf} + Z_{init} \quad (5)$$

여기서 Z_{init}' 는 초기 영점 재조정 값, T_L 는 총 적산량(kg), S_k 는 스펀계수 1, Z_{init} 는 이전 초기영점 값이다.

초기영점 값이 자동적으로 재설정된 후에는 다시 영점모드로 돌아가 그림 5와 그림 6의 영점조정 절차를 거쳐 영점 오차값 Z_{val} 이 영점 조정 범위 기준치(%) H 값과 비교기에서 비교하여 $H \leq Z_{val}$ 라면 영점조정이 완료되며, 완료 후 벨트 컨베이어를 정지시킨다.

스판 조정 모드는 2가지의 기능을 가지고 있다. 첫 번째는 초기영점 값이 재설정된 경우이다. 이 경우는 필히 스펀 조정을 실시하여야 한다. 두 번째는 계량 오차를 확인하기 위해 단순히 스펀 점검을 목적으로 하는 경우이다. 만약 스펀 점검을 통해 계량오차에 문제가 있다면 필히 초기 영점 조정을 실시하여야 한다. 따라서 2가지 모두 스펀 점검 모드에서 스펀 점검을 실시하게 된다. 원격에서 스펀 조정 모드를 선택하고, 검사용 분동 또는 테스트 체인을 벨트 컨베이어의 벨트 위에 올려놓고 벨트 컨베이어를 운전시키고 속도가 일정한 상태에서 그림 8[5]의 스펀 점검 타임차트와 같이 그림 9의 스펀 점검을 실행한다.

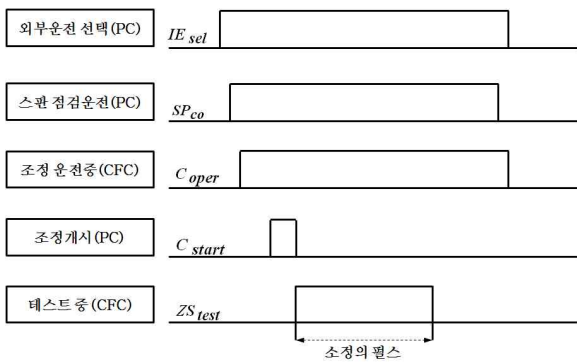


그림 8. 스펀 점검 타임차트
Fig. 8. span check of time chart

설정된 벨트 회전수에 따른 경과시간 동안 측정된 적산치는 연산부에 입력되며, 스펀 오차 S_{val} 값은 다

음과 같이 계산된다. 여기서 식 (2)의 총 적산량 (T_L)의 운반물 최대중량 값(W)는 검사용 분동에 의한 스펀 기준을 설정하기 위한 값으로 다음과 같이 다시 정리된다.

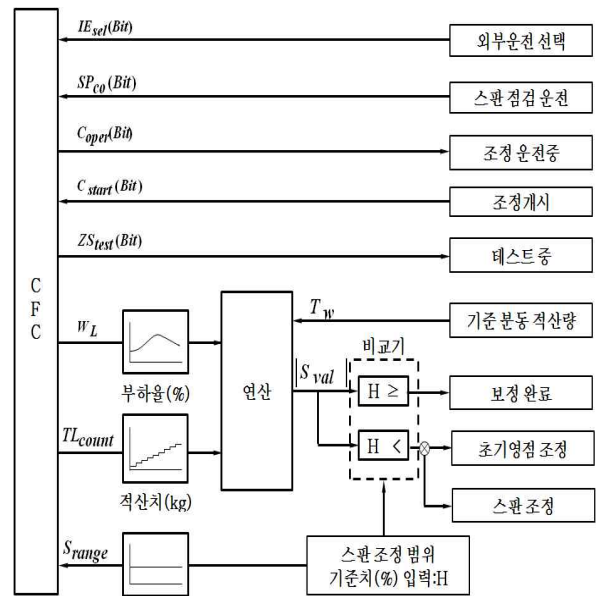


그림 9. 스펀 점검 블록 다이어그램
Fig. 9. Block diagram for span check

$$T_{wrf} = W_{rf} \times B_{rf} \times B_{nr} \quad (6)$$

$$S_{valrf} = \left(\frac{T_{wrf} - T_{Lcount}}{T_{wrf}} \right) \times 100 \quad (7)$$

여기서 S_{val} 는 스펀 오차(%), W_k 는 기준 분동중량(kg/m) T_w 는 기준 분동 적산량(kg)이다.

만약 스펀 오차값 S_{val} 이 스펀 조정 범위 기준치(%) H 값과 비교기에서 비교하여 $H \leq S_{val}$ 라면 스펀 점검이 정상적으로 완료되어 교정제어를 종료하며, 만약 $H < S_{val}$ 인 경우 스펀 점검이 목적이려면, 사용자에게 교정제어를 중단하게 되고, 초기 영점조정을 선택 한다면 그림 4와 같이 영점 조정 모드로 진행하여 조정 작업을 진행하도록 구성되어 있다. 초기 영점조정이 완료되어 스펀 조정을 실시할 경우 기울기가 변화하였으므로 그림 10과 같이 연산부에서 연산을 통

하여 스팬 값과 부하율 스팬 값을 재 설정한다. 따라서 스팬 값을 재 설정하기 위한 스팬 계수1 (S_k') 의 보정 값은 다음과 같이 계산되며,

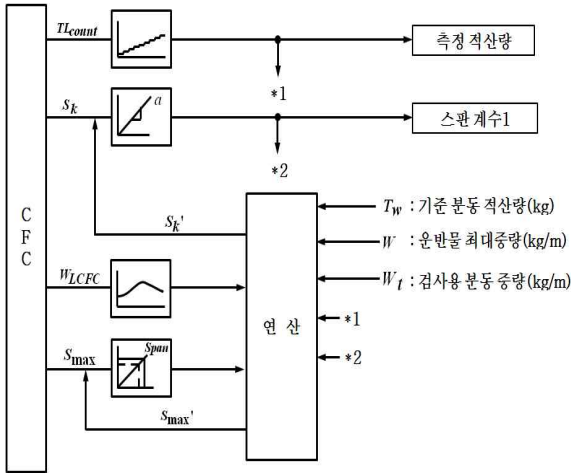


그림 10. 스팬 조정 블록 다이어그램
Fig. 10. block diagram for span Adjustment

$$S_k' = \left(\frac{T_{LCOUNT}}{T_{WF}} \right) \times S_k \quad (8)$$

여기서 S_k' 는 보정 후 스팬 계수 1, T_w 는 기준 분동 적산량(kg), S_k 는 보정 전 스팬 계수 1이다.

또한 부하율 스팬 값의 재 설정은 다음과 같이 계산 된다.

$$W_{Lr} = \frac{W_{Lr}}{W_{Lr}} \times 100 \quad (9)$$

$$S_{max}' = \frac{W_{LCFC}}{W_{Lr}} \times S_{max} \quad (10)$$

여기서 W_{Lr} 는 현재 부하율(%), S_{max}' 는 변경 부하율 스팬 값, W_{LCFC} 는 측정 부하율(%), S_{max} 는 현재 부하율 스팬 값이다.

스팬 값과 부하율 스팬 값이 자동적으로 재 설정된 후에는 다시 스팬 조정 모드로 돌아가 그림 8과 그림 9의 스팬 조정 절차를 거쳐 스팬 오차값 $S_{d/f}$ 이 스팬

조정 범위 기준치(%) H 값과 비교기에서 비교하여 $He S_{d/f}$ 라면 스팬 조정이 완료되며, 완료 후 벨트를 정지시킨다.

4. 제안된 시스템의 실험

제안된 RCC-MS를 현장에서 실제 운영중인 CFC 201에 RS232 및 RS422 직렬통신 인터페이스를 형성하고 원격에서 교정 조정이 정확히 제어되는지를 실험하기 위해 골재를 전문적으로 생산하는 S사의 Y 공장에 적용하여 실험한 결과를 통하여 증명한다.

표 2는 벨트 컨베이어의 데이터(a) 및 교정에 필요한 기준 데이터(b)로서 벨트의 정확한 속도를 측정하기 위해 현장에서 벨트 1회전마다 벨트길이(B)를 3회 측정하였으며, 경과시간(t)은 벨트를 총 6회전(B_n) 시켜 3회 측정하였다. 또한 기준 펄스 수(P_b)는 CFC를 통하여 6회전 경과시간(t_n) 동안 발생된 소정의 펄스를 3회 측정하였다. 표 2의 데이터는 이들 측정 데이터를 평균한 값을 적용하였고 컨베이어 스케일용 기준분동 중량(W_t)은 20(kg/m), 길이 4(m)를 사용하였다.

표 2. 벨트 컨베이어 데이터(a) 및 기준 데이터(b)
Table 2. Belt Conveyor data(a) and reference data(b)

순시수송량 Q (t/h)	벨트길이 B (m)	1회전 경과시간 t (sec)	벨트 속도 V (m/sec)
300	46.53	28.8	1.615

(a)

운반물 최대중량 W (kg/m)	기준분동 중량 W_t (kg/m)	벨트 회전수 B_n (회)	총 적산량 T_L (kg)
51.6	20	6	14405.7
기준 분동 적산량 T_w (kg)	기준 펄스 P_b (pulse)	n회전 경과시간 t_n (sec)	부하율 W_L (%)
5583.6	17734	172.8	38.8

(b)

표 2의 (a)에서 벨트 컨베이어의 벨트 속도(V)는 다음과 같이 계산되며,

$$V = \frac{R_f}{t_f} \quad (11)$$

표 2의 (b)에서 운반물 최대중량(W)는 다음과 같이 계산[4]된다.

$$W = \left(\frac{c_1 + c_3}{2r} \right) \times \left(\frac{Q_f}{3.6 \times V_f} \right) \quad (12)$$

여기서 W 는 운반물 최대중량(kg/m), c_1, c_3 는 싱글 계량 캐리어롤러(c_2)를 기준으로 전/후의 간격이 1(m)이다.

또한 총 적산량 (T_L) 은 식 (3), 기준 분동 적산량 (T_w) 는 식 (6), 부하율 (W_L) 는 식 (9)를 적용하여 계산하였다. 현장에서 영점보정 조정을 실시하기 위해 CFC의 내부 파라미터의 변경 없이 기존 데이터를 RS-422 통신을 통하여 RCC-MS에 적용하였다. 벨트 컨베이어의 벨트에 운반물이 전혀 없는 상태에서 벨트 컨베이어를 빈 벨트로 회전시킨 다음 RCC-MS를 통하여 원격에서 그림 5의 영점조정 타임차트와 같이 영점 보정 조정을 그림 6과 같이 실시하였고, RS232 통신을 통하여 자동적으로 수신되는 계량 데이터는 1 초 간격으로 엑셀 파일 형식으로 저장하였다. 저장된 데이터를 이용하여 그래프 값으로 분석한 결과 값은 그림 11과 같다.

영점보정 조정 시작 후 벨트 6회전 경과시간 동안 평균 부하율 0.82%, 측정 적산치는 130(kg)으로 나타났다. 이들 데이터는 영점 보정이 완료되지 않은 조정 전의 계량 데이터로서 영점오차는 영점 조정 범위 기준치 이내였다. 따라서 영점보정 조정 후 벨트 6회전 경과시간 동안 평균 부하율은 -0.13(%), 측정 적산치는 0(kg)의 결과를 얻었다. RS422 통신을 통하여 수신된 측정 적산치가 0(kg)의 결과가 나타난 이유는 CFC의 내부 설정 파라미터의 소수점 위치, 최소눈금, 적산단위에 의해 측정 적산치가 너무 작아 0(kg) 나타났다. 따라서 Maker에서 제시하는 허용오차 범위는

$\pm 0.5(\%)$ 이내로 양호한 결과를 얻었다.

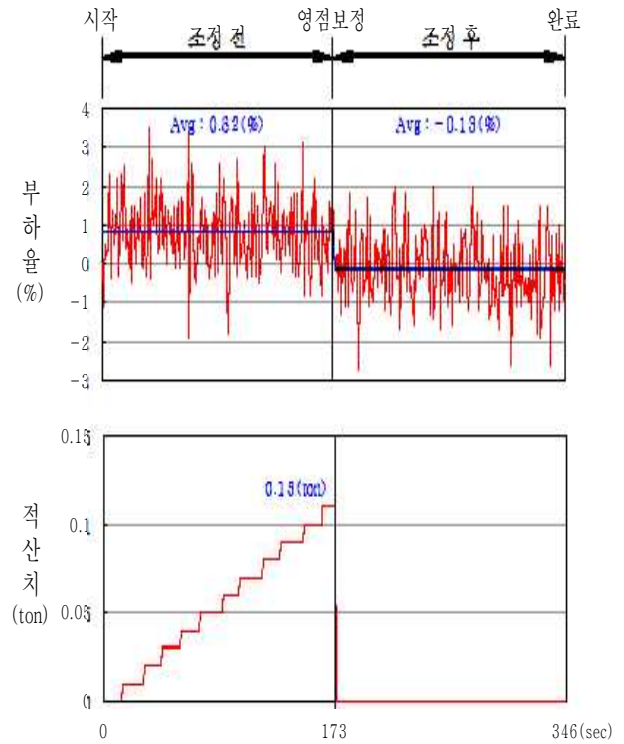


그림 11. 영점보정 조정 전/후 그래프
Fig. 11. Zero correction adjustment before/after graph

또한 원격에서 초기영점 조정을 실시하기 위해 표 2의 데이터를 RCC-MS에 입력하고 기존 CFC의 내부 설정 파라미터에 통신을 통하여 변경된 데이터를 적용하였다. 벨트 컨베이어의 벨트에 운반물이 전혀 없는 상태에서 벨트 컨베이어를 빈 벨트로 회전시킨 다음 RCC-MS를 통하여 원격에서 그림 5의 영점조정 타임차트와 같이 영점 보정 조정을 그림 6과 같이 실시한 결과 영점 오차값이 영점 조정 범위 기준치 보다 높게 발생하여 그림 7의 초기영점 조정을 실시하였다. 그림 12는 엑셀에 저장된 데이터를 이용하여 그래프 값으로 분석한 결과 값이다.

초기영점 조정 시작 후 벨트 6회전 경과시간 동안 평균 부하율 91.1(%), 측정 적산치는 6,030(kg)로 나타났다. 이들 데이터는 기존 CFC의 내부설정 파라미터의 변경으로 인해 부하율 값이 크게 상승한 동시에 측

정 적산치 또한 증가하였으나 영점조정 후 벨트 6 회전 경과시간 동안 평균 부하율은 0.11(%), 측정 적산치는 13(kg)의 결과를 얻었으며, 초기 영점 조정후의 계량오차는 0.1(%로 Maker에서 제시하는 허용오차 범위 ±0.5(%))이내로 양호한 결과를 얻었다.

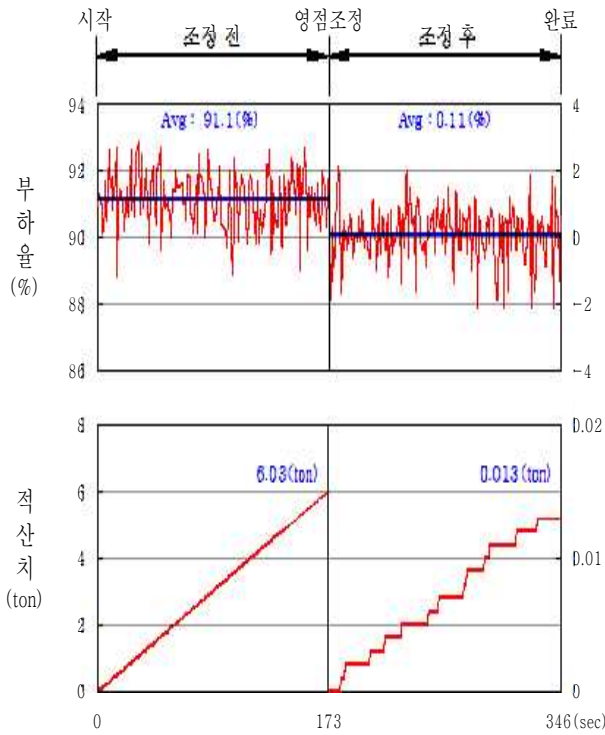


그림 12. 초기영점 조정 전/후 그래프
Fig. 12. Init zero adjustment before/after graph

초기영점 조정이 완료된 후 스팬 값과 부하율 스팬 값을 재설정하고, 스팬 조정을 실시하기 위해 벨트 컨베이어의 벨트 상부에 컨베이어 스케일용 기준 분동 (Test Chain)을 벨트 상부에 올려놓고 컨베이어를 정속 운전시키며, 속도가 안정된 상태에서 RCC-MS를 통하여 원격에서 그림 8의 스팬 점검 타임차트와 같이 스팬 조정을 그림 9와 같이 실시한 결과 스팬오차가 스팬 조정 범위 기준치보다 높게 발생하여 그림 10의 스팬 조정을 실시하였다. 그림 13은 엑셀에 저장된 데이터를 이용하여 그래프 값으로 분석한 결과 값이다.

스팬 조정 시작 후 벨트 6회전 경과시간 동안 평균 부하율 33.2(%), 측정 적산치는 4866.4(kg)로 나타났

다. 이들 데이터는 초기영점 조정이후 평균 부하율이 0.11(%에서 스팬 조정을 위한 기준 분동 중량으로 인해 평균 부하율 값이 상승하였으며, 측정 적산치 또한 증가하였다. 이때 스팬 값 및 부하율 스팬 값은 스팬 조정이 적용되지 않은 이전 값이기 때문에 평균 부하율 값은 기준분동 중량에 대해 정확하지 않은 값이 된다. 따라서 스팬 조정 후 벨트 6 회전 경과시간 동안 평균 부하율은 39(%), 측정 적산치는 5596.9(kg)의 결과를 얻었으며, 스팬 조정후의 계량오차는 -0.24(%로 Maker에서 제시하는 허용오차 범위 ±0.5(%))이내로 양호한 결과를 얻었다.

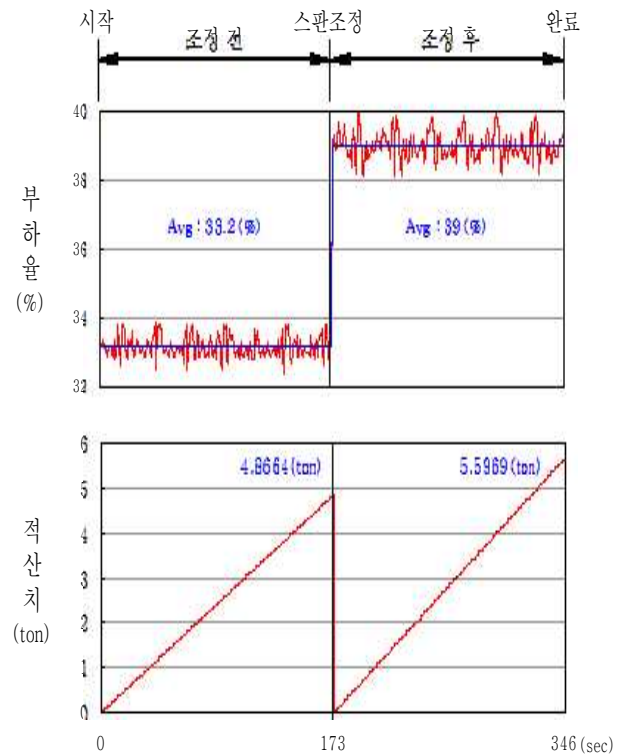


그림 13. 스팬 조정 전/후 그래프
Fig. 13. Span adjustment before/after graph

5. 결 론

본 논문에서는 현장에 분산 설치된 오프라인 방식의 컨베이어 스케일 시스템의 효율적인 관리와 운영을 위해서 온라인 방식의 LabVIEW를 이용한 원격교정 제어 및 모니터링 시스템을 제안하였으며, CFC의 성

능과 기능을 최대한 활용하여 계량의 신뢰성을 유지하고, 교정관리의 효율성을 확보할 수 있도록 구성하였다. 또한 현장실험을 통하여 영점보정, 영점조정 및 스핀 조정이 CFC와 동기화하여 올바르게, 정확하게 제어되는지를 실험을 통하여 확인하였다.

References

- [1] <http://www.mcrtechnologiesgroup.com/weigh.htm>.
- [2] http://www.beltwayscales.com/beltway/index.php?option=com_frontpage&Itemid=1.
- [3] WOHWA Waagenbau GmbH. "WÖHWA Belt Scales", SFB 20/23, pp. 20.
- [4] K.Eis Norden.(1998). "Handbook of Electronic Weighing", WILEY-VCH Verlag GmbH, pp. 295~310.
- [5] YAMATO SCALE CO., LTD. (2000). "CFC-100 Belt Conveyor Controller Instruction Manual", pp. 30~47.80,83.
- [6] "LabMEW and Serial Communication", Korea National Instruments, LabMEW Tech-Tip No2.

◆ 저자소개 ◆



방남수 (房南洙)

1966년 1월 10일생. 2010년 서울과학기술대학교 전기공학과 졸업. 현재 서울과학기술대학교 산업대학원 전기공학과 석사과정.



장우진 (張禹鎭)

1956년 5월 13일생. 1979년 서울공대 전기공학과 졸업. 1981년 서울대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1989년 서울대 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1984년~현재 서울과학기술대학교 전기공학과 교수. 한국조명전기설비학회 회장



송중호 (宋重鎬)

1957년 1월 30일생. 1980년 서울공대 전기공학과 졸업. 1982년 서울대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1993년 한국과학기술원 전기/전자공학과 졸업(박사). 1982~1985년 이화전기 기술부. 1985~2002년 한국과학기술연구원 지능제어연구센터 책임연구원. 2002년~현재 서울과학기술대학교 전기공학과 교수.