

## CAN네트워크를 사용한 레미콘 온라인 생산 시스템 설계

金東植<sup>\*</sup>, 全泰園<sup>\*\*</sup>, 李弘熙<sup>\*\*</sup>, 金興根<sup>\*\*\*</sup>, 魯義哲<sup>\*\*\*\*</sup>Design of On-line Readymixed Concrete Production System  
Using CAN Network

Dong-Sik Kim, Tae-Won Chun, Hong-Hee Lee, Heung-Gun Kim, and Eui-Cheol Nho

## 요 약

본 논문은 산업용 네트워크 중 가장 많이 사용되는 네트워크 중 하나인 CAN를 사용하여 레미콘 생산설비 시스템에 온라인 자동화하는 방식을 제시하였다. 레미콘 생산설비에서 수분센서, 로드셀 센서 등에 대한 CAN 네트워크 인터페이스회로를 설계하였으며, 2개의 상태만 있는 리미트 스위치 및 램프 등을 효율적으로 네트워킹시키는 방식을 제시하였다. CAN 네트워크를 통하여 전체 레미콘생산 설비를 호스트 컴퓨터로 제어하면서 동작상태를 모니터링하고, 본 논문에 제시한 방법을 실제 레미콘설비에 적용하여 타당성을 확인하였다.

## AbSTRACT

This paper describes the on-line readymixed concrete production system using CAN network, which is a leading industrial control network. The CAN network interface circuits for moisture sensor and load cell sensor are designed for CAN network of readymixed concrete production system, respectively, and also the method for networking 2-states devices such as limit switch and lamp is suggested. The operating status of a overall remicon production system is monitored, and also the system is controlled with host computer through the network. The CAN network interface method is applied to the real readymixed concrete production system to verify the performance of proposed method.

**Key-Words** : Readymixed concrete, batcher plant, CAN network, CAN interfacing

## 1. 서 론

최근에 자동화 시스템에서는 컴퓨터를 이용하여 분산된 공정을 자동화하고 이들을 수직, 수평적으로 통합하여 전체 공정을 일관되게 관리함으로써 생산성을

향상시키고, 비용을 절감시키는 동시에 자동화 공정의 구축 및 유지관리에 유연성과 신뢰도를 극대화시키는 효과를 거두고 있다. 그리하여 모든 공정의 통합화를 추구하는 분산제어 및 자동화시스템에서는 네트워킹 기술이 가장 핵심이 되는 기술로 부각되고 있다<sup>[1][2]</sup>. 이 네트워킹 기술이 발달함에 따라 공정 제어 시스템이 거대화되고 있으며, 이 경우 상호 연관성을 가지는 여러 개의 시스템을 동시에 제어할 필요성이 요구된다.

이러한 상호 연관성이 있는 공정제어 시스템 중에서 레미콘 제조설비는 저장설비, 계량설비, 혼합 설비 및 각종 제어장치 및 관리 장치를 서로 유기적으로 제어하여야 하며 특히 계량 설비가 레미콘의 품질에 크게

\*정회원, 울산대 대학원 전기공학과 박사과정

E-mail : twchun@uou.ulsan.ac.kr

\*\*정회원, 울산대 전기전자정보시스템공학부 교수

\*\*\*정회원, 경북대 전자전기공학부 교수

\*\*\*\*정회원, 부경대학교 전기제어계측공학부 조교수

접수일자 : 2003. 4.18

1차심사 : 2003. 5.13

심사완료 : 2003. 7.26

좌우된다. 그런데 기존의 계량제어방식은 오프-라인 상태에서 품질관리실과 생산 설비의 원자재 변동에 따른 품질저하를 막지 못할 뿐만 아니라 유동 상황에서 제어가 거의 불가능하여 생산성 및 품질이 떨어지는 것이 단점이 있었다.

따라서 본 논문에서는 레미콘의 생산시스템에 현재 많이 사용되고 있는 필드버스 중 CAN (Controller Area Network) 네트워크를 적용하여 레미콘의 생산성 및 품질을 향상시키고자 한다. 이 CAN은 1986년도 독일 Robert Bosch GmbH에 의하여 개발되었으며, 1992년도에는 이 CAN을 차량의 엔진제어기, 기어박스제어기, 에어컨 제어기 등에 적용하였다. 그 후 차량용 네트워크로 열악한 환경속에도 안정적으로 동작하여 신뢰성을 인정받았으며, 내노이즈성이 우수하여 점차 전동기제어를 포함하여 공장자동화용으로 사용범위가 확산되고 있다. 이 CAN은 OSI의 1계층과 2계층을 지원하고, 전송매체가 쌍꼬임선이며 전송속도도 최대 1Mbps로 레미콘 생산시스템 등 소규모 생산공정시스템의 자동화에 적합한 필드버스이다<sup>[3][4]</sup>.

그런데 필드버스 네트워크를 사용하는 대부분 생산 공정에서는 카메라, 레이저센서 등 각종 센서 값을 측정하여 서보전동기 등 각종 액추에이터를 제어하는 센서/액추에이터 레벨까지만 네트워크화 되어 있으며, 여러 생산 공정상에 산재되어 있는 많은 리미트 스위치 등과 공정 상태를 표시하는 램프 등 온 또는 오프의 2가지 상태를 가지는 비트 단위의 센서 등에 대하여는 네트워크화 되지 않고 있다. 이러한 비트 단위의 센서에 대한 정보들은 네트워크로 제어 또는 감시할 수 없으므로, 공장 전체 공정의 완전 자동화가 거의 불가능하여 자동화 시스템의 생산효율이 떨어진다는 문제점이 있다.

따라서 본 논문에서는 레미콘 생산시스템에 수분센서, 로드셀 등 센서 레벨뿐만 아니라 리미트 스위치 / 램프 등 비트 레벨의 센서들까지 CAN 네트워크로 제어 및 감시할 수 있는 인터페이싱 기법을 제시하여, 이 전체 레미콘 공정시스템을 네트워크화 시킴으로써 레미콘의 생산 효율을 향상시킨다. 먼저 일반적인 레미콘 생산 설비 공정에 대하여 설명하고, 각 센서와 리미트 스위치 및 램프의 CAN 네트워크 인터페이스 회로 구성 기법을 기술한 후, 실제 레미콘 공정의 실험결과를 보여준다.

## 2. 레미콘 생산 공정

먼저 레미콘 제조 방식을 간단히 설명한 후 레미콘

제조 공정에 대하여 기술한다<sup>[5][6]</sup>.

레미콘의 제조방식은 센트럴 믹싱, 슈링크 믹싱, 트랜시트 믹싱 등 다음과 같이 3가지로 분류된다.

- ① 센트럴 믹싱(Central mixing) : 고정믹서로 혼합을 완료한 뒤 콘크리트를 트럭 에지테이터(truck agitator) 또는 트럭믹서(Truck mixer)로 운반하는 방식이다..
- ② 슈링크 믹싱(Shrink mixing) : 고정믹서와 트럭 믹서로 각각 어느 정도 혼합한 후 트럭 믹서로 운반하는 과정 중에 혼합을 완료하는 방식이다.
- ③ 트랜시트 믹싱(Transit mixing) : 플랜트에서 재료만 계량하여 적재한 후 운반 중에 트럭믹서(truck mixer)로 혼합하는 방식이다.

국내에서는 한국공업규격(KS)에서 이 3가지의 믹싱 방법 중 센트럴 믹싱만을 대상으로 규정하고 있으므로, 본 연구에서는 센트럴 믹싱 제조 방식을 적용하였다. 이 레미콘 제조방식에서 저장설비와 계량설비 및 혼합설비가 포함된 전체설비를 배치 플랜트(batcher plant)라 하며, 그림 1은 일반적인 배치 플랜트의 제조 공정을 나타낸 것이다. 이 제조공정은 원재료의 수납설비, 저장설비, 계량설비, 혼합설비 및 운반설비 등으로 나뉘어진다.

수납설비에서는 채취한 재료들을 운반선이나 차량으로 운반하여 자갈 및 모래들을 골재 야적장, 시멘트는 시멘트 사일로, 물과 혼합제는 저장탱크에 각각 저장한다.

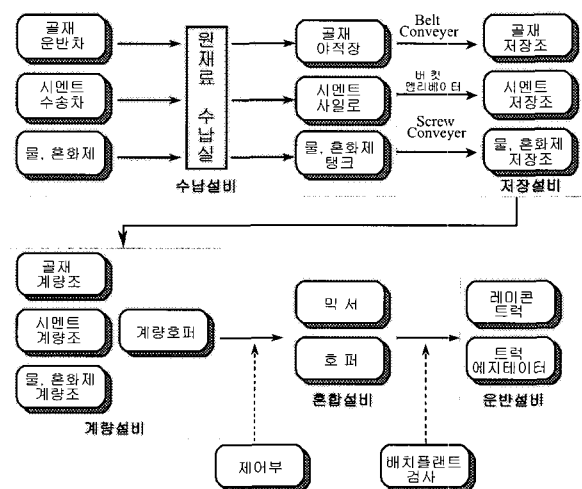


그림 1 배치 플랜트 제조 공정

Fig. 1 Production process for batcher plant

재료의 저장설비는 시멘트 저장설비, 골재 저장설비, 물과 혼합제 저장설비로 구분하여, 각각 종류별로 저장하기 위해 보통 사일로를 3기~6기 정도가 설치되어 있다. 여기서 콘크리트 배합시 골재량과 물과의 배합비가 정확하여야 한다. 그런데 일반적으로 골재는 야적되어 있으므로 비가 오면 골재의 표면에 포함되어 있는 수분량이 증가되고, 반대로 골재가 건조상태에서는 수분량이 감소된다. 따라서 수분센서를 사용하여 골재의 표면에 포함된 수분량을 측정하여 이 수분량에 따라 투입되는 물의 양을 조정하는 표면수 관리를 수행한다.

레미콘의 성능에 크게 좌우되는 계량설비에서는 골재, 시멘트 및 물의 배합비를 정확하게 맞추기 위하여 각 저장조에 저장되어 있는 골재, 시멘트, 물 등은 저장조 게이트를 통하여 각 계량조에 투입되며, 이때 각 계량조에 설치되어 있는 로드셀을 이용하여 각 레미콘 재료들의 무게를 측정한다. 이렇게 계량된 골재, 시멘트 등은 각 재료의 배합량이 균일하게 유지되도록 계량호퍼를 통하여 정해진 순서대로 믹서에 투입된다. 골재, 시멘트 등은 계량조에서 처음 하중을 측정한 다음 계량호퍼까지의 낙하량이 서로 달라질 수 있는데 계량과정에서 계량의 정밀도를 높이기 위해 동하중 설정을 한다. 동하중 설정은 계량조에서 측정된 계량치의 90%가 계량호퍼에 투입되면 계량조에서 낙하량을 줄여서 재료의 계량정밀도를 향상시키는 것이다.

혼합설비에서는 계량호퍼를 통하여 투입된 모래, 시멘트, 혼합제 및 물 등을 골고루 배합한 후 호퍼를 통해 트럭믹서 또는 트럭 에지데이터에 적재되어서 90분 이내에 공사 현장까지 운반하여 타설하게 된다.

배치플랜트 검사는 배합 후 콘크리트의 방치시간, 골재의 형태, 골재의 종류, 콘크리트의 온도, 투입기의 형식 등에 따라 양질의 콘크리트 품질을 유지하기 위하여 수행한다.

### 3. 배치플랜트 생산공정의 센서 및 CAN 인터페이스 회로

#### 3.1 배치플랜트 생산공정의 센서

배치 플랜트의 레미콘 제조 공정에서 저장설비, 혼합설비 등에 설치된 센서들의 구성은 그림 2와 같다.

저장설비에서는 사일로에 저장된 골재 및 시멘트에 포함된 수분량을 측정하는 수분센서와 혼합설비 부분에서는 계량조에 저장되어 있는 골재 및 시멘트의 무

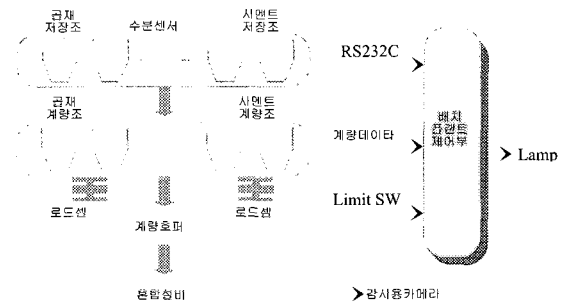


그림 2 배치 플랜트 생산 공정 시스템의 센서  
Fig. 2 Sensors for production process system for batcher plant

게를 측정하는 로드셀 (load cell)이 설치되어 있다. 골재에 포함된 수분을 측정하기 위하여 마이크로웨이브 수분센서를 사용하여, 이 수분센서의 측정데이터 값은 RS-232C 직렬포트를 통해서 출력된다. 각 계량조에 설치된 골재 및 시멘트 등의 무게를 측정하는 로드셀은 재료의 무게에 따라 1[mV]~30[mV]의 아날로그 신호로 출력되며, 혼합설비에서는 일반적으로 내부에 카메라를 설치해 혼합공정 진행 상태를 모니터링한다.

여기에 공정 중에서 입·출하시 상태 정보를 얻기 위해 공정마다 다수의 리미트 스위치, 램프가 설치되어 있다. 리미트스위치는 저장소에 모래, 자갈 등을 투입시 저장소 게이트 개폐상태, 호퍼의 게이트 개폐상태, 개량기 측정완료 신호 측정 등에 사용되며, 레미콘 차량위치 측정 등에는 리미트스위치보다 비접촉센서인 근접센서를 사용한다. 한편 램프는 저장소에 자갈, 모래 등 골재 저장소에 저장완료 표시용, 과계량 경고용과 계량완료 시 및 호퍼의 게이트 개폐상태 등을 표시한다.

#### 3.2 CAN 제어가 인터페이스 회로 구성

각 센서의 출력 데이터 값과 리미트 스위치 상태를 CAN 네트워크를 통하여 상위 컴퓨터에 입력되면, 입력된 골재량과 배합량의 데이터 설정치를 기준으로 계량 및 배합비를 보정하면서 전체 공정제어 및 출하관리를 수행한다. 저장조 및 계량조와 배합시 정보를 상위컴퓨터 모니터 화면으로 모니터링할 수 있으며 또한 램프의 점멸로 동작상태를 표시한다.

각 센서와 리미트 스위치 및 램프를 CAN 네트워크시키기 위한 인터페이스 회로는 그림 3과 같다. 수분센서에서 RS232C 직렬포트로 출력되는 데이터 값을

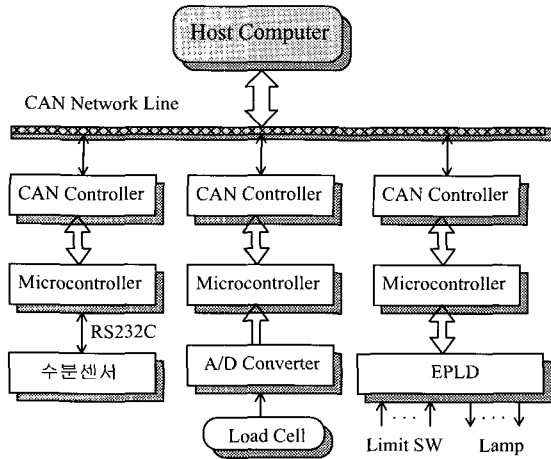


그림 3 CAN 네트워크 인터페이스 회로  
Fig. 3 Interface circuit of CAN network

마이크로제어기로 전송받은 후 CAN 제어를 거쳐 네트워크로 수분센서 측정값을 상위컴퓨터로 전송한다. 로드셀의 아날로그 전압 형태의 출력값은 증폭기로 출력신호를 증폭하고 저역필터로 필터링한 후, 12비트 A/D컨버터를 통하여 마이크로제어기로 입력된다. 마이크로제어기에서 입력받은 센서의 측정데이터 값은 역시 CAN 제어를 거쳐 네트워크로 상위컴퓨터로 전송한다.

리미트 스위치 또는 램프는 설치한 위치에 따라 리미트 스위치 및 램프를 8개, 16개 등 단위로 그룹화하여 입력 포트를 통하여 각 리미트 스위치의 상태를 마이크로제어기로 입력시키며, 또한 마이크로제어기에서 출력포트를 통하여 각 램프를 온 또는 오프시킨다.

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
모래 1 게이트 L/S	모래 2 게이트 L/S	자갈 1 게이트 L/S	자갈 2 게이트 L/S	시멘트 1 게이트 L/S	시멘트 2 게이트 L/S	수분 1 게이트 L/S	수분 2 게이트 L/S

(a) 리미트 스위치 레지스터  
(a) Limit switch register

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
모래 1 저장 Lamp	모래 2 저장 Lamp	자갈 1 저장 Lamp	자갈 2 저장 Lamp	시멘트 1 저장 Lamp	시멘트 2 저장 Lamp	수분 1 저장 Lamp	수분 2 저장 Lamp

(b) 램프 레지스터  
(b) Lamp register

그림 4 저장조의 리미트 스위치 및 램프 레지스터  
Fig. 4 Limit switch and lamp registers at silo

여기서 리미트 스위치 또는 근접스위치는 '개'와 '폐' 두 가지 상태이며, 램프 역시 '온' 또는 '오프' 즉 2개 상태이므로, 1개의 리미트 스위치 또는 램프는 1개의 비트로 표시할 수 있다.

그림 4는 2개 사이로에서 설치된 리미트스위치 또는 램프를 사용하는 한 예로 2개 저장조 게이트의 개폐상태를 표시하는 1바이트의 리미트스위치 레지스터와 저장조의 저장완료 상태를 표시하는 램프 레지스터를 보인 것이다. 각 비트 값이 0일 경우에는 리미트스위치 레지스터에서 해당 스위치가 '개' 상태(즉 게이트가 열린 상태), 램프 레지스터에서는 해당 램프가 '오프'상태(즉 저장 완료되지 않은 상태)를 표시하며, 비트 값이 1일 경우에는 해당 스위치가 '폐'상태(즉 게이트가 닫힌 상태), 해당 램프가 '온' 상태(즉 저장 완료된 상태)등 반대로 표시한다. 마이크로 제어기에 CAN 제어를 연결하여 CAN 네트워크를 통하여 각 리미트 스위치 상태를 모니터링 할 수 있으며 각 램프를 점멸할 수 있다.

그림 5는 리미트스위치의 온 또는 오프상태 등 2가지 상태정보를 CAN 네트워크로 전송하기 위한 인터페이스 회로 및 네트워크를 통하여 램프를 점멸시키기 위한 인터페이스 회로 블록도이다. 리미트 스위치 출력값을 오토커플러로 접지를 분리시킨 후 구동회로를 거치고, 리미트 스위치 출력값이 짧은 시간동안 여러번 반복하여 출력되는 채터링 현상을 방지하기 위하여 채터링 방지회로를 사용한다. 리미트 출력값이 3-상태 버퍼를 거쳐 마이크로제어기 및 CAN 네트워크로 연결된다.

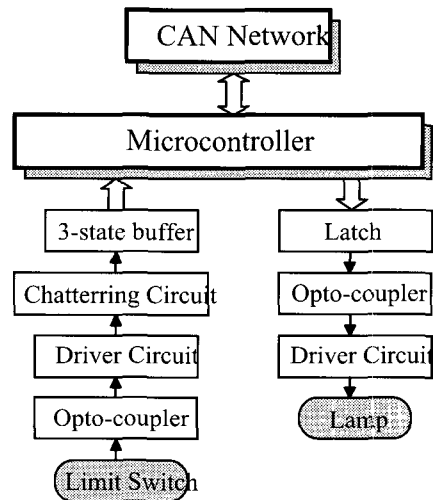


그림 5 리미트스위치 및 램프 인터페이스 회로 블록도  
Fig. 5 Block diagram for interface circuit of limit switches and lamps

그리고 CAN 네트워크와 마이크로제어기를 통하여 출력된 램프의 상태값이 램치에서 저장된 후 오토커플러 및 구동회로를 거쳐 램프를 점멸시킨다.

위에서 언급한 리미트 스위치 레지스터나 램프 레지스터는 1바이트의 값이나, 자갈, 모래, 시멘트의 중량 값 및 골재에 포함된 수분량 값들이 모두 2바이트 값으로 표시된다. CAN은 1개의 패키지가 최대 8바이트의 정보만을 전송할 수 있으므로, 네트워크로 전송되는 많은 데이터들이 8바이트로 나누어 전송된다. 그림 6은 대표적으로 1개의 패키지에 전송되는 데이터의 구성을 보여주며, 2개 바이트로 구성된 데이터는 하위 바이트 - 상위 바이트 순서로 전송한다.

마이크로제어기 및 CAN 인터페이스 회로의 하드웨어를 간단하게 하기 위하여 Altera사의 EPLD를 사용하였으며, 마이크로제어기는 Intel사의 16비트 마이크로제어기인 80C196KC, CAN 제어기 및 CAN I/O는 필립스사의 SJA1000과 P82C150을 각각 사용하였다. CAN 네트워크의 전송매체는 쌍꼬인선을 사용하며 전송속도는 1Mbps이다.

그림 7은 CAN 인터페이스 보드의 사진이다.

자갈1 중량 (하위)	자갈1 중량 (상위)	모래1 중량 (하위)	모래1 중량 (상위)	시멘트1 중량 (하위)	시멘트1 중량 (상위)	리미트 스위치	램프
-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	--------------------	--------------------	------------	----

그림 6 CAN 네트워크에서 1개 패키지 데이터 구성  
Fig. 6 Data structure of one package at CAN network

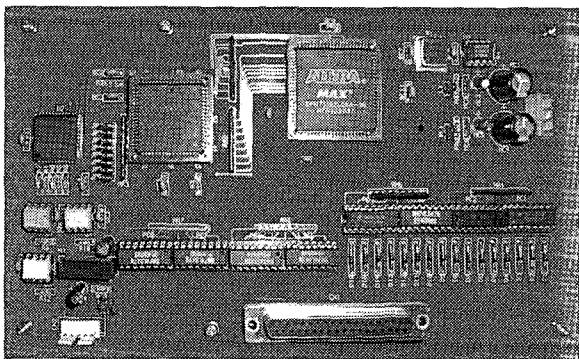


그림 7 CAN 네트워크 인터페이스 회로 사진  
Fig. 7 Photograph for interface circuit of CAN network

#### 4. 실험결과

CAN 네트워크를 통하여 레미콘 배치플랜트 전체

공정을 설정, 제어, 동작상태를 모니터링 하기 위해 CRT1, CRT2, CRT3 등 3개의 CRT를 사용하였다. CRT1은 혼합제 및 배합비 등을 설정 및 생산량을 모니터링하며, CRT2는 I/O 상태를 체크하여 모니터링하고, CRT3는 슬럼프 제어 상태를 모니터링 한다. 그런데 설치 원가를 줄이기 위하여 운영체계를 DOS로 사용하였으므로, 실험결과에 보여준 CRT 화면이 모두 선명하지 못하다는 애로점이 있다.

그림 8은 3개 CRT 중 CRT1이 가장 중요한 CRT로서 운전자가 기능에 따른 시스템 설정, 즉 믹서 용량, 공정시간, 배합시간, 혼합제 및 배합비 등을 설정하고, 또한 생산량을 모니터링한 결과를 보인 것이다.

그림 9는 로드셀의 셋업 모드로서 실제 시멘트, 물, 잔골재(모래), 굵은 골재(자갈) 등의 배합비를 운전자가 직접 선택하여 입력할 수가 있으며, 운전자가 로드셀의 초기값은 60[m<sup>3</sup>]-270[m<sup>3</sup>]까지 선택할 수 있다. 또한 배합의 진행 상태와 수동과 반자동으로 운전자가 선택할 수 있으며, 표면수 보정을 백분율로 화면에 표시하였다.

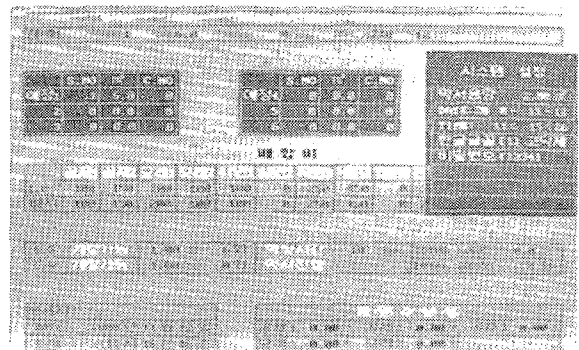


그림 8 시스템 설정모드  
Fig. 8 System setting mode

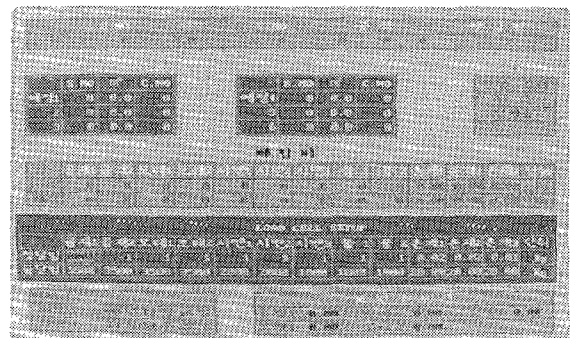


그림 9 로드셀 설정모드  
Fig. 9 Setting mode for load cell

그림 10은 표면수/입력보정 모드이며, 품질관리를 쉽게 할 수 있도록 설계실과 온-라인상에서 실시간으로 배합설계와 개별적인 상호 보정, 배합비 보정, 표면수 보정이 직접 제어한다.

그림 11은 배합비 입력 모드이며, 골재 및 시멘트 그리고, 혼합제의 배합비는 공정 진행상태에 따라 제어 및 운전, 감시가 가능하며, 로드셀의 셋업 기능이 가능하다. 또한 레미콘차량의 예정등록을 할 수 있도록 레미콘 차량의 출하지령을 입력할 수 있다. 그리고 실험실에서 설계된 3000여종의 배합비를 입력 할 수 있어 조건에 따라 배합비를 쉽게 조정할 수 있으므로 생산성 향상 및 정확한 배합비로 레미콘 품질도 높일 수 있다.

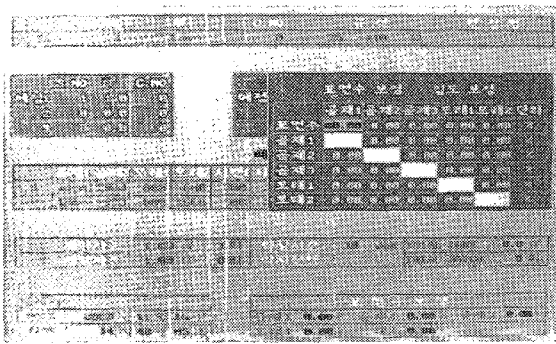


그림 10 표면수 보정모드  
Fig. 10 Compensating mode for surface moisture

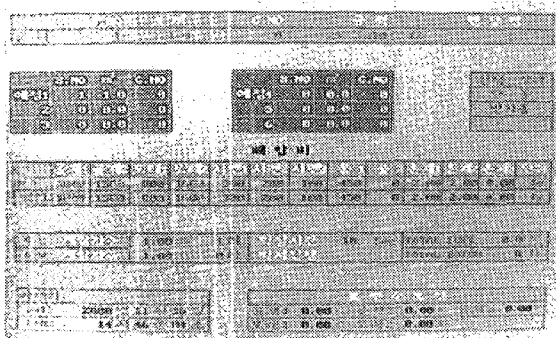


그림 11 배합비 입력모드  
Fig. 11 Input mode for mixing ratio

그림 12는 계량 모니터 모드로써 계량설비에서의 과계량 상태이거나 부족계량 상태를 그래프로 표시하여 동작상태를 시각적으로 표시하여 이상 유무를 쉽고 빠르게 모니터링할 수 있다.

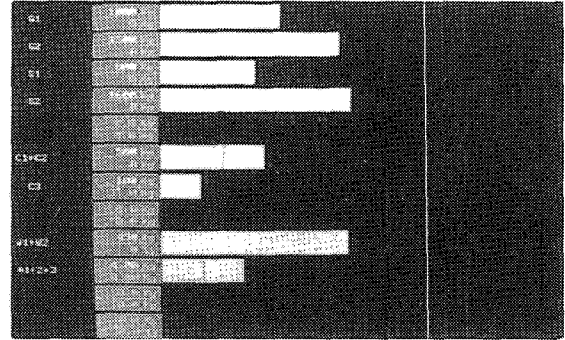


그림 12 계량 모니터링 모드  
Fig. 12 Monitoring mode for weighing

### 5. 결 론

본 논문에서는 레미콘의 생산성 및 품질을 향상시키기 위하여 레미콘 생산시스템에 제어용 네트워크인 CAN 네트워크를 적용하여 저장설비, 계량설비, 혼합설비 및 각종 제어장치 및 관리 장치를 효율적으로 제어 감시할수 있는 레미콘 플랜트 제어시스템을 개발하였다. 수분센서와 로드셀 등 각 센서와 함께 2개 상태값만 입력 또는 출력되는 리미트 스위치 및 램프까지 효율적으로 CAN 네트워킹을 할 수 있는 인터페이스 회로를 설계 제작하였으며, 실제 레미콘 제작공정에 이 시스템을 적용하여 효율성을 확인하였다. 이 CAN 네트워킹 방식은 레미콘 생산설비뿐만 아니라 다른 자동화 생산설비에도 쉽게 적용할 수 있다.

본 연구는 산업자원부원 지원에 의하여 기초전력공학공동연구소 주관으로 수행된 과제임. (과제 관리번호 : 00-약-01)

### 참 고 문 헌

[1] I.A. Janet, W.J. Wiseman, R.D. Michelli, A.L. Walker, and S.M. Scoggins, "Using Control Networks for Distributed Robotic Systems", in Conf. Rec. on Robotics, Vol. 2, pp. 1138~1143, 1999.  
 [2] 박홍성, 권옥현, "산업용 네트워크와 그 응용", ICASE Magazine, 제2권, 제4호, pp. 4-18, July, 1996.  
 [3] 최재진, "레미콘의 運搬 및 打設", 콘크리트학회지, 제3권, 4호, pp. 16-17, Dec., 1991.  
 [4] 최재진, 레미콘의 製造設備와 運搬設備, 콘크리트학회지, 제5권, 3호, pp. 10-11, Sept., 1993.

- [5] Wolfhard Lawrenz, "CAN System Engineering From Theory to Practical Application", Springer, 1997.
- [6] G. Cena and A. Valenzano, "An Improved CAN Fieldbus for Industrial Application", IEEE Trans. on Industrial Electronics, Vol. 44, No. 4, Aug. 1997.

## 저 자 소 개



### 김동식(金東植)

1970년 2월 18일생. 1995년 광주대 전기공학과 졸업. 1997년 중앙대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1999년~현재 울산대 대학원 전기공학과 박사과정.



### 전태원(全泰園)

1959년 1월 30일생. 1981년 부산대 전기공학과 졸업. 1983년 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1997년~1997년 Tennessee 대학 방문교수. 현재 울산대 전기전자정보시스템공학부 교수. 당 학회 편집이사.



### 이홍희(李弘熙)

1957년 10월 15일생. 1980년 서울대 전기공학과 졸업. 1982년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1990년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1994년~1995년 Texas A&M 방문교수. 현재 울산대학교 전기전자정보시스템공학부 교수. 당 학회 경상지부 이사.



### 김흥근(金興根)

1956년 4월 24일생. 1980년 서울대 전기공학과 졸업. 1982년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1988년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 경북대 전자전기공학부 교수. 당 학회 편집위원장.



### 노의철(盧義哲)

1960년 8월 2일생. 1984년 서울대 전기공학과 졸업. 1986년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(석사). 1991년 동 대학원 졸업(박사). 1997년~1998년 미국 Univ. of Wisconsin-Madison 방문교수. 1995년~현재 부경대 전기제어계측공학

부 조교수. 당 학회 편집위원.