

**생산관리 및 구내 배전선로 부하 관리를 위한 다목적 원격 계측시스템 개발**

박종민, 강경훈, 이욱, 정권호, 이응주, 정영식, 이상설  
 원광대학교 전기공학과, 원광대학교 컴퓨터공학과

**A Development of multi-monitoring system for produce and power in Industrial Fields**

Jong-Min Park, Gyung-Hun Kang, Wook Lee, Kwen-Ho Jung  
 Sang-Seol Lee, Yong-Ju Lee, Young-Sik Jeong.

**Abstract** - 이 논문에서는 공장에서의 생산관리 및 구내 배전선로의 부하상태 관리용으로 개발한 다목적 실시간 원격 계측시스템을 제안하고 있다.

개발된 실시간 원격 계측시스템은 필요한 정보를 수집하는 원격단말장치와 수집된 정보를 제어 및 RS485 통신을 이용하여 정보를 전송하고 사용자 중심으로 그래픽 관리하는 호스트로 구성되어 있다.

특히, 기 설치된 생산설비에 대한 원격 생산관리 기능을 보유한 시스템을 확장하여, 이를 구내 배전선로에서 각 구간/선로별 전압, 전류, 누설전류 등의 정보 검출한다. 각 구간/선로별 전력, 전압, 전류 등 부하 운영상태 및 누설전류 등의 고장원인을 검출함으로써 전기화재 및 감전사고를 예방할 수 있는 감시 시스템을 제안하였다.

**1. 서론**

최근 개인용 컴퓨터와 전자기술의 발달로 산업용 컴퓨터의 응용은 가속화되고 있다. 그러나 대부분 중소기업의 생산 시스템은 일일 또는 근무교대 후 정보를 입력하므로 실시간으로 작업량을 파악할 수 없으므로 생산파악이 적기에 이루어지지 못하여 일시적 재고 증가의 원인이 되기도 하며 판매계획에 차질이 발생하고 원자재 수급에도 비효율적인 생산과정이 될 수 있다. 이러한 생산 공정현황 파악의 비 능률성에 따른 생산원가 상승요인을 줄이기 위해 생산공정의 단계별 생산현황 실시간 모니터링 시스템을 개발하였다.

또한 대부분 공장의 구내 배전선로는 포설후 관리가 미흡하고 설비 추가 및 보수 등의 이유로 선로가 복잡하게 이루어져 있고, 대부분의 선로가 은막되어 있어 구간별 부하량 산출 및 구간별 선로의 누설전류를 측정이 곤란하다. 부하 및 누설전류를 측정할 수 있는 여건이라 할지라도 휴대용 측정기에 의존하고 있어 광범위한 공장현장을 측정하는데는 많은 시간이 소요되고 있는 실정이다. 따라서 대부분의 공장에서는 일일점검 등 점검에 소홀할 수 밖에 없다. 뿐만 아니라 공장환경은 각종 원료 및 분진등의 발화 원인이 상시 제공되므로 항상 전기화재에 노출되어 있는 실정이다.

본 연구는 원격센서 모듈과 네트워크를 통한 실시간 생산현황 모니터링 시스템을 개발하여 냉장고 생산 부품업체에 적용하였다. 또한 개발된 시스템을 응용하여 구간별 부하 운영상태 및 누설전류의 검출로 전기사고를 예방함과 동시에 구내 배전선로의 예방보전이 가능한 실시간 다목적 원격 계측시스템을 제안하였다.

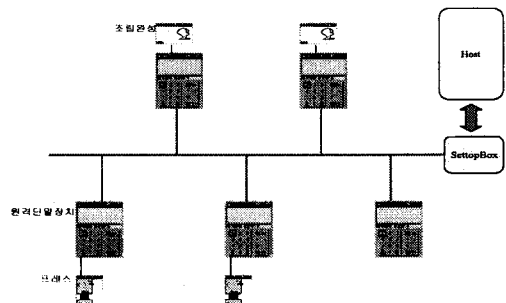
**2. 다목적 원격 계측시스템**

**2.1 생산현황 원격 계측시스템**

설치업체의 생산 시스템은 Notching공정, Press 공정과 Ass'y공정으로 구분되며 Notching 공정과 Press 공정에서 1차 생산된 제품은 Ass'y (조립)공정으로 이동되어 완제품이 생산되는 공정으로 각 공정마다 생산되

는 제품의 정보를 RS-485 통신규약을 이용하여 Host에 제공하며 사용자에게 편리한 그래픽 인터페이스로 제공한다.

**2.1.1 시스템의 구성도**

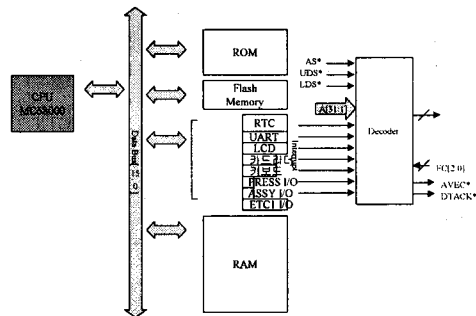


(그림 2-1 개발된 시뮬레이터)

생산현황 원격 계측시스템의 H/W 개발에 앞서 공장 현장에서 발생할 수 있는 상황과 유사하게 동작하는 S/W의 개발, 작업자의 요구, 시스템이 갖추어야 할 성능 분석 등을 위하여 Visual Basic에 의한 시뮬레이터를 개발하였다. 개발된 시뮬레이터는 현장과 동일한 조건으로 개발되었으며, 각 공정에서 실제 발생할 수 있는 상황을 감안하여 개발되었다.

**2.1.2 원격 단말장치의 구조 및 기능**

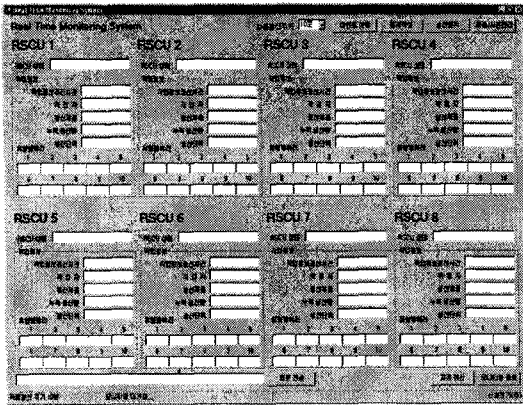
원격 단말장치의 기본적인 구조는 그림 2-2와 같다. 각 구조에 따른 기능을 살펴보면 다음과 같다



(그림 2-2 원격단말장치의 구조)

- ① 원격 단말장치 기능은 다음과 같다.
  - ㉠ 카드리더와 키보드에 의한 사원 정보 입력이 가능하며, 제품 선택/수정을 키보드에서 입력할 수 있도록 설계하였다.
  - ㉡ 생산 정보는 LCD 한글 디스플레이로 표시된다.
  - ㉢ 외부 센서와의 접속을 PS2콘넥터를 사용하여 교체 및 보수작업이 원활하다.
  - ㉣ RTC(Real Time Clock)에 의한 시계를 내장하여 실시간 환경을 제공하였다.
  - ㉤ Flash Memory 사용으로 정전시 작업정보를 유지할 수 있어 데이터의 효율적 관리가 가능하다.
  - ㉥ 적절한 인터럽트에 의해 실시간 처리된다.
  - ㉦ 부하 모니터링을 위한 마이크로 컨트롤러를 추가 설계하였다.
  - ㉧ Setup Box형 Host와 단말장치간의 송/수신은 직렬포트를 통하여 통신규약 RS485 멀티드롭 방식을 적용하였다.

② 원격 단말장치로부터 입력되는 데이터를 실시간으로 모니터링을 위해 실시간 계속 모니터링 프로그램을 개발하였다. 개발된 프로그램은 그림 2-3과 같다.



(그림 2-3 개발된 실시간 모니터링 프로그램)

② 실시간 부품 생산현황의 종합 통계 시스템

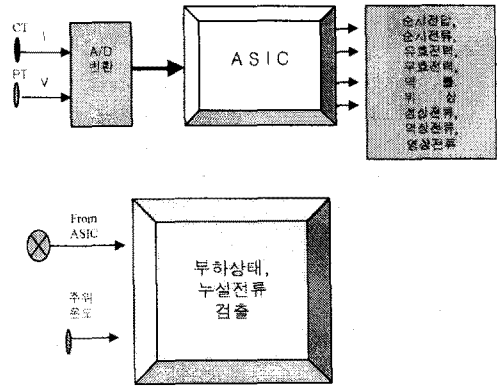
Host에서는 Setup Box를 통해 원격단말기로부터 입수된 데이터로 월별, 년별, 작업자별, 생산량그래프 등의 자료를 통계처리 하였다. 본 연구 결과 원격단말장치로부터 실시간으로 입력되는 데이터는 Host에서 통계 처리후 자체 개발된 프로그램에 의해 그래픽화되고 이때 관리자의 필요에 따라 실시간으로 생산현황을 출력되는 기능이 지원된다.

2.2 부하관리 모니터링 시스템

대부분의 공장의 구내 배전선로 및 제어용 전선은 초기 포설 당시와는 달리 설비의 추가와 선로의 보수 및 추가 등의 이유로 복잡한 상태로 운영중이기 때문에 구간별 선로에 흐르는 부하 및 구간별 누설전류 산출이 어려운 실정으로 항상 전기 재해의 원인을 제공하고 있는 실정이다. 전기재해는 크게 전기화재와 감전사고로 분류된다. 전기화재의 주요 원인은 단선, 과부하, 누전 등이며, 또한 감전사고의 주요 원인은 과부하, 자연열화에 의한 누설전류 발생으로 전기안전공사에서 조사한 결과이다.

본 연구에서는 이러한 전기재해 중 가장 비중을 많이 차지하는 과부하, 누설전류에 대한 대책으로 부하 상태 및 누설전류를 검출하여 진단하는 원격 검침 시스템 구

현에 대하여 제안하고자 한다. 제안된 부하 검출시스템은 그림 2-4와 같다.



(그림 2-4 제안된 부하 검출 시스템)

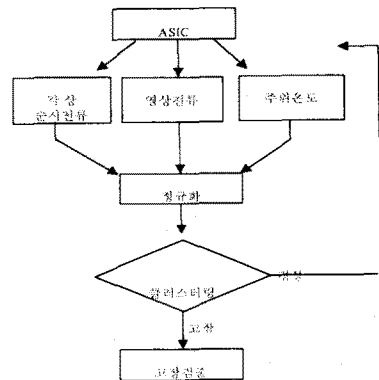
① 구간별 전력산출

현재 전력 산출 기준은 중앙 검출 방식을 이용하고 있다. 즉, 변전실이나 전기 배전실에서 적산전력량계를 이용하는 방식을 사용하고 있기 때문에 각 구간 선로별 부하의 상태를 산출하기는 매우 어려운 실정이다. 이러한 애로사항으로 인하여 휴대용 측정기에 의한 방식을 이용하고 있으나, 이는 매 시간마다 부하량이 다르기 때문에 부하량 산출이 어렵다.

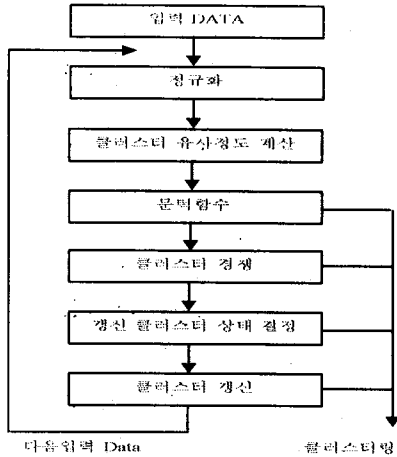
본 연구에서는 CT, PT를 이용한 간접 방식을 채택하여 제안하였다. 먼저 CT와 PT에 의해 입력된 순시전류, 순시전압이 디지털 값으로 변환되고 이를 순시전류, 순시전압, 유효/무효전력, 역률, 위상, 각상별 정상/역상/영상전류 등의 데이터를 연산한 후 실시간으로 Setup Box에 송신하게 된다. 이때 데이터 추출 및 연산 속도를 빠르게 하기 위해 ASIC으로 구현한다. 연산된 부하량은 Setup Box로 송신 후 고장검출에 필요한 입력데이터로 제공된다.

② 고장 검출방법

ASIC으로부터 연산 후 입력된 데이터는 정규화 과정을 거쳐, 클러스터링한 후 각 선로의 고장유무를 판정한다. 본 연구에서는 인공 신경망에 의한 비교사 학습 클러스터링에 의한 고장 검출방법을 제안한다.



(그림 2-5 고장검출 과정)



(그림 2-6 클러스터링 과정)

정규화된 입력 데이터는 이미 생성되어 있는 클러스터들과의 유사 정도를 가늠하기 위하여 입력 데이터 벡터와 클러스터 중심 벡터들 간의 내적을 구한다. 내적 결과는 문턱값을 이상인 것과 미만인 것으로 분류된다. 문턱값을 넘는 경우 입력 데이터가 클러스터의 영역에 속한다는 것을 의미한다. 즉, 내적이 가장 큰 값을 갖는 클러스터의 중심에 가깝다. 따라서 문턱값을 넘는 가장 큰 클러스터가 입력된 데이터를 자신의 원소로 가지게 되며, 나머지 문턱을 넘는 클러스터들은 경쟁에서 도태된다. 또한 경쟁에서 이긴 클러스터는 입력된 데이터쪽으로 이동하게 되며 진 클러스터는 입력 데이터로부터 먼 쪽으로 이동하게 된다. 이때 이동거리는 클러스터의 원소 개수에 의해 결정된다. 이와 같이 각 클러스터의 중심과 입력간의 유사정도는 두 벡터간의 내적으로 나타낼 수 있으며, 클러스터가 허용할 수 있는 클러스터의 최대영역은 입력 데이터에 대한 내적의 값으로 변환할 수 있다. 새로운 벡터의 중심 벡터와 입력 데이터간의 내적값보다 작은 경우, 클러스터에 속하지 않은 데이터로 간주할 수 있다.

㉠ 과부하

선로의 부하측에 과부하가 걸리는 경우 각 상에 흐르는 전류는 급격히 증가하게 되고, 케이블 절연체의 온도 역시 증가하게 된다. 이러한 현상은 클러스터의 변화로 나타날 수 있게 되는데, 이때 클러스터를 안정적인 상태, 주의요망, 과부하 상태로 분류한다. 과부하 상태는 선로의 포설 당시 적정 용량을 선정하기 때문에 선로의 허용전류를 무시하고 부하를 갑자기 증가시키지 않는 한 큰 손상이 나타나지 않는다. 오히려 대부분 현장에서는 전동기로 이루어져 있기 때문에 전동기에 의한 원인 제공이 대부분을 차지한다. 전동기에 의한 과부하 원인을 살펴보면 공극이상, 회전자 손상, 베어링 고장 등의 기계적 요인과 상 불평형과 결상 등의 전기적 요인이 있다.

㉡ 누설전류

현재 구내 배전반/분전반에는 각 분기회로에 각 부하에서 누설전류를 차단할 수 있는 누전차단기를 설치하고 있다. 그러나 실제 전기화재는 그 발화물질에 따라 이보다 더 적은 누설전류에도 전기화재가 발생하게 되므로 이를 검출한 후 지속적인 관찰이 필요하다.

선로에 누설전류가 발생시 입력되는 각상의 전류로부터 ASIC에서 영상전류가 검출되고, 주위 온도는 서서히 증가하게 되며 이 역시 각각의 클러스터 구로 분류

할 수 있다. 이때 분류는 정상상태, 미량 검출시 검출상태, 과도한 누설전류가 발생시 정상적인 누전차단기가 트립되어 누설전류를 차단한 상태(차단상태)로 분류한다. 대부분 절연 케이블을 사용하고 있으므로 단시간 내 발생하지는 않지만 그 주요원인을 살펴보면 과부하에 의한 수명저하 및 자연열화, 작업자 실수에 의한 절연피복 손상, 설비 이동시 절연피복 손상 등의 원인이 있다.

따라서 Setup Box는 누설전류가 검출되면 이를 사용자(기술자)에게 통보하고 지속적으로 선로를 감시하여야만 한다.

3. 결 론

현재 단일 분야의 원격검침시스템에서 많은 분야를 한 시스템에서 검침할 수 있는 멀티 원격 검침 원격시스템으로 발전하고 있다. 그러나 그 응용분야가 동일한 목적으로 전기요금, 수도요금 등의 검침에 한정되어 이루어지고 있다.

본 연구에서는 생산관리 원격 계측 시스템을 구현하여 냉장고 부품 생산공정에 적용하였으며, 이를 방식이 다른 구내 배전선로의 부하관리용 원격 감시 시스템을 접목시킬 수 있는 클러스터링 기법의 다목적 원격 계측 시스템을 제안하였다. 본 연구에서 제안된 시스템을 이를 입증할 연구 및 실험이 진행중이며, 추가로 지능적인 알고리즘을 이용한 고장 진단을 연구 중이다. 본 연구 결과로 구내 배전선로의 고장검출 및 고장진단이 이루어지고 이를 전기제해가 가장 많이 발생하는 공장에 접목시킴으로써 전기제해를 예방할 수 있는 다목적 검침시스템의 구현이 가능할 것으로 기대된다. 또한 약간의 응용으로 주택 및 빌딩의 옥내배선에도 사용될 경우 전기제해에 의한 피해를 급격히 줄여 줄 것이다.

(참 고 문 헌)

- [1] A. Clements, "Microprocessor System Design", PWS, 1997.
- [2] K.C. Chang, "Digital Systems Design with VHDL and Synthesis", IEEE Computer Society, 1999.
- [3] D.A. Patterson and J.L. Hennessy, "Computer Organization & Design", Morgan Kaufmann, 1997.
- [4] E. Gose, R. Johnsonbaugh and S. Jost, "Pattern recognition and Image analysis", Prentice Hall, 1996.
- [5] F.Filippetti, C.Tassoni, G.Franceschini, P.Vas, "Integrated Condition Monitoring and Diagnosis of Electrical Machines using Minimum Configuration Artificial Intelligence", Proceedings of the 7th European Conference on Power Electronics and Applications - Volume 2/3 : V.2/3 : 1997.
- [6] 전기안전공사, "98 재해통계", 1999.
- [7] 지철근, "최신 전기설비", 문운당, 1999.
- [8] 백운기의 3인, "Delphi 5 contact d", 대림, 2000.
- [9] 김영철의 4인, "디지털 시스템 설계를 위한 VHDL", 홍릉 과학출판사, 1998.
- [10] 홍성호, "저압용 누전차단기가 설치된 선로에서의 발화위험성", 충북대학교 대학원, 1999.
- [11] 이성환, "전력감시 제어시스템의 유도전동기 고장진단 및 디지털계전기 고장보호를 위한 지능형기법 연구", 연세대학교 대학원, 1997.