

지하 생활공간 환경제어 설비 통합관리 기술

(Integrated management technology of environmental control facilities underground living space)

강현근, 김태한, 전진한, 이승홍

(주)아세테크 물류자동화사업부

ABSTRACT: A power line communications, power, the outgoing line is a means of communication. DC 12 volt power lines in the system over the 2-wire control signals with the power to send the cargo configuration, and, in the basement living space, temperature, humidity, dust, CO2 sensors, and through the cooperation of the real-time detection and valves of the appropriate amount of wind, fan was designed to control. By the system's ability to communicate and control the room temperature or the status of amount of wind sent to the central system to transmit and receive signals to the center of the future, the ability to control the company said. In addition, the system HMI (Human Machine Interface) terminal by the direct control and if necessary personal portable devices to communicate with the living conditions of the underground environment in the best state that the purpose is to build.

1. 서 론

오늘날 산업발달과 함께 정보통신 산업 또한 급속히 발전하고 있다. 우리 사회 또한 산업 사회에서 정보화 사회로 변모해가고 있다. 정보화 사회에서는 지식과 정보의 효율적인 공유와 활용에 따라 기업의 성패가 좌우되므로, 기업 생산성을 높이기 위한 고부가가치 정보를 첨단 정보 시스템을 통해 효율적으로 유통시킬 수 있는 환경이 요구되고 있다. 따라서, 본 논문에서는 정보통신 기술을 이용한 지하생활공간의 공조 시스템의 효율적인 통합제어를 목적으로 하고 있다.

통신 네트워크는 소위 지하 환경 제어 시스템의 통합 관리를 현실화 하는데 필수적인 하부 제어기 사이의 상호 네트워크 기술의 하나이다. 지하 환경에서의 방재, 지하 환경의 공기 질 계측, 냉난방 공조 시스템 등 지하 환경과 관련된 많은 분산된 저수준(Low level)의 하부 제어, 계측 기기의 효율적으로 통합을 위해 직류 전원 전력선통신(DC PowerLine Transmission) 기술을 이용하는 것을 목표로 한다. 지하 환경의 통합 제어를 위해 전력선 통신을 이용하기 이전에 지하 환경의 제반 제약 조건, 통신 하드웨어의 기술적 수준, 통신 프로토콜의 검토는 전력선 통신의 설계 이전에 수행되어야 함을 제시하고자 한다.

2. 통합제어 시스템

본 논문에서 개발하고자 하는 통합제어 시스템의 전체적인 구성도를 비롯하여 개발개요 및 범위와 중요성을 기술

하고 하고 통합제어 기술의 상세내용을 고찰하고자 한다.

2.1 전체 시스템의 구성도

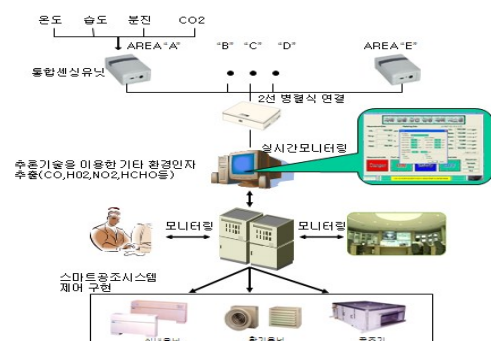
1) 기술의 필요성

1. 연구개발의 목표 및 필요성

가. 연구개발 개요 및 범위

① 정의

- 본 연구에서는 지하 생활공간을 편의상 지하보도, 지하상가, 건물의 지하공간에 위치한 상가 등으로 인간이 장·단기적으로 거주 또는 활동하는 공간으로 설정하며 지하 생활공간의 환경제어설비 관리기술이란 지하공간의 각종 설비시설의 감시 및 운영에 필요한 모니터링, 통합제어기술을 말한다



② 범위

- 본 연구에서 기술의 범위는 지하 생활공간을 대상으로 설비요소를 결합하여 제어하는 시스템 기술, 통합관리 및 운영기술로 구분할 수 있다.

② 최종목표

지하도 상가의 환경유지에 필요한 smart 실내 환경 감시

† Corresponding author

Tel: +82-31-609-7000; fax: +82-31-609-7009

E-mail address: hkkang@asetec.co.kr

장치의 감지신호를 이용한 종합 실내 환경의 감시 및 실내 환경 제어설비의 제어를 위한 통합 관리시스템을 개발하는 것을 최종 목표로 설정한다.

나. 연구개발의 중요성

(1) 기술적 측면

지하공간을 효과적으로 활용하기 위해서는 무엇보다 환경 및 안전의 관리가 중요한 요소이며, 이러한 관리요소는 공간 내에서 이동방법과 심리·생리적 측면, 빛, 열, 공기, 소리, 위생 및 안전 등을 열거할 수 으며 지하생활공간은 폐쇄성으로 인하여 기밀성과 습도가 높고 누수 및 침수, 기류 정체 등으로 인하여 적용설비의 재질특성과 기능 및 성능특성에 대한 특별한 고려가 요구된다. 즉, 지하생활공간의 특수성에 따라 일정한 기준이나 개선된 기준 등을 반영하여 인간이 활동하거나 각종 설비시설의 운영에 적합한 제반 환경요소를 조절하거나 관리할 필요가 있다. 이러한 환경요소를 조절하고 환경안전성을 확보하기 위해서는 환경요소(열, 공기, 소음에 중점) 규명 및 모델링 기술과 설비요소를 결합하여 환경을 조성 또는 제어하는 시스템 기술, 통합관리 및 운영기술 등을 개발할 필요가 있다.

선진국에서는 이러한 지하 생활공간을 중요한 시설로서 간주하고 각종 환경영향인자의 규명, 열부하 계산기법 및 기준, 환기해석 결과를 고려한 건축 및 설비계획, 통합환경제어시스템 및 유지관리기준 등을 도입하고 있다.

국내의 경우 2004년 5월부터 “다중이용시설내공기질관리법” 시행을 통하여 기준에 적합한 환경을 유지하고자 노력하고 있으나 이를 뒷받침할 수 있는 시스템과 운영기술의 신뢰성이 부족한 실정이며 지하하공간의 특성상 여러 개의 구역이나 제한된 공간 등이 존재하게 되며, 이러한 공간이나 제반 설비를 SMART 감지기법을 이용하여 실시간으로 감시하고, 효율적으로 관리하기 위해서는 각종 센서와 다양한 기기를 하나의 네트워크로 통합하여 관리하고 제어하는 기술이 중요하다.

(2) 경제·산업적 측면

앞서 기술한 바와 같이 현재 대부분의 도시가 안고 있는 제반 문제점을 해결하기 위해, 도시공간의 입체적 활용을 통한 국토의 효율적 이용과 자연(특히 지상)환경의 보전 및 주거환경의 개선 그리고 자원·에너지의 절약을 위해 지하공간을 활용하는 방안이 주목받고 있다.

향후 지하 공간 개발수요는 급속히 증가할 것으로 예상되며, 다양한 용도의 시설을 지하에 수용하기 위한 건설 기술 및 환경유지기술 등에 대한 수요도 크게 증가할 것으로 전망된다. 오늘날 도시 공간 수요의 증가, 시공기술 및 굴착기술의 발달 등에 의하여 지하 공간 개발을 위한

공사비는 점차 감소하고 있어 경제적인 지하공간의 개발이 가능하며, 다양한 지하공간의 활용을 위한 적극적인 노력이 필요한 시점이다. 지하생활공간의 개발과 활용성을 극대화하기 위해서는 환경적으로 보다 안정된 활용여건을 조성할 수 있어야 하며, 이러한 제반 문제점을 해결하기 위해서는 다양한 분야의 학문과 기술이 집약되어야 할 것으로 판단된다.

다. 지금까지의 연구개발 실적

지하 환경 제어 및 방재용 통신망을 구성하기 위한 전력선통신 기술을 접목시킨 하드웨어를 제작하여 통신망을 통해 취득된 데이터의 수집이 가능한 응용 프로그램의 기본 모델 개발하였다. 기본적인 환경 제어 계측 요소인 온도, 습도, 전류 센서의 실험 모델을 제작하고 통신 프로토콜의 실험적인 모델을 개발하고 이를 개발된 하드웨어에 적용하여 지하공간 구축시 덕트공조기법을 조사한 토대로 환경인자 계측법과 그에 따른 설비시스템제어의 알고리즘 분석하였다. 또한 통합관리 시스템의 자료수집을 통한 모델화로 환경 제어요소 모니터링 및 데이터 축적 Database설계, 모델링, DFD를 설계하였다.

마. 국내 관련 기술 및 산업 동향

- 시스템 통합제어 및 관리를 위한 DPS(Digital Picking System)으로 대단위 물류센터 내에서 분배지시, 바코드 스캐닝, 컨베이어의 ON/OFF 제어, 물류센터 내의 온도, 습도 측정 등을 2선 전용통신 Chip이 내장된 Unit로 관리하는 시스템이 개발되어 적용된 바 있다.

2.2 통합제어 시스템의 구성

통합제어 시스템의 구성은 온도, 습도, 분진, 이산화탄소 등의 환경인자를 검출 및 이를 토대로 기타 환경인자를 사출하는 통합 센싱 유닛과 공조기와 같은 환경제어 인자를 최적으로 사용자가 제어할 수 있도록 하는 시스템UI로 구성된다.

1) 통합센서

통합센싱유닛은 1차 환경인자인 온도, 분진, 이산화탄소를 검출하는 기능을 구현하며 이를 통합제어 프로그램상의 2차환경인자 검출식에 의해 포름알데히드와 같은 환경인자의 값을 결정한다.



그림 4. 다중센서유닛

Measurement Data	
Temp: 28.4℃	CO ₂ : 10 ppm
Hum: 33.6%	PM10: 16.0 µg/m³
Modeling Data	
SO ₂ : 214 ppm	CO: 214 ppm
NO _x : 214 ppm	HCHO: 214.0 µg/m³

AINET센서(811)

실측값

추론식에 의한값

그림 5. 검출 및 산출화면



그림 6. 환경인자 검출 및 추출인자 산출

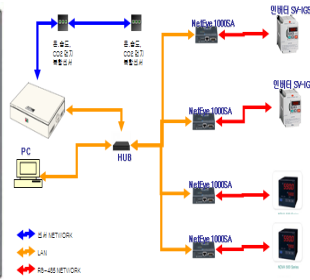


그림 7. 제어알고리즘

2) 소프트웨어(UI)

통합제어시스템에서의 UI는 실시간 정보전달 및 효율적 제어를 가능하도록 설계되었으면 그 특징을 요약하면 다음과 같다.

- *초단위 실시간 데이터 수집 가능
- *MS-SQL 서버를 사용 대용량의 데이터 저장 분석 가능
- *실시간 데이터 수집 (CO2, 분진, 온도, 습도)
- *상태 값에 따른 항목별 이벤트 설정 (예: 인버터 제어)
- *사용자 정의 기간별 상태 값 추이 분석
- *사용자 정의 기간별 상태 값 raw data 표시
- *무한대의 상태 값 항목 가변적 추가 및 삭제,수정
- *상태 값 항목별 데이터 수집 시간 설정



그림 8. 통합제어 화면

3. 시스템 설계

지하 환경에서는 다양한 오염원과 오염 물질이 존재하고 있으나, 각 오염원에서의 유해물질 방산정도 (Emission Rate)는 지하 환경 구조와 건축자재 종류 시공법 노후도에 따라 큰 차이를 보이므로 무엇보다 정확한 측정이 필요하다. 실내 공기질의 오염상태를 모니터링 할 수 있는 시스템은 대부분 고도의 전문기술과 고정도의 측정 장비가 필요하며, 이에 따라 대부분 고가의 외국 기자재를 수입하여 사용하고 있는 실정인데, 국내에는 이와 관련된 시장의 협소 및 기술 기반 취약으로 인하여 응용기술 개발 부족에 따라 국산화율은 선진국 대비

20~30%에 불과한 상황이다. 따라서 실내공기질의 오염 상태를 모니터링 할 수 있는 측정 장비로서의 모니터링 장비기술과 또 하나의 핵심장비인 센서 기술 그리고 이를 실시간으로 연계시키는 네트워크 기술이 서로 융합되어야 효과적인 측정과 이에 바탕을 둔 오염제어 기술이 성립될 것이다.

본 시스템 설계의 주안점은 각각의 분산되어 있는 센서와 공조시스템의 댐퍼, 인버터, 밸브 등을 저전력의 전력선 통신으로 통합이 가능하도록하고 지하 실내 환경에 최적화된 구성으로 실시간 측정, 저장, 분석 및 판단이 가능한 시스템을 설계하는 것이다. 또한 저가의 센서를 활용하여 실내 공기질 공정 시험방법을 대체할 수 있는 방안을 마련하여 고도의 전문기술과 고정도의 측정 장비가 없는 상황에서도 비용-효율적(cost-effective)이면서도 신뢰성 있는 지하 환경 모니터링 시스템을 구성하는데 목적이 있다.

시스템은 크게 입력부와 제어부로 나뉜다. 입력부는 지하 내부 구조물에서 측정이 필요한 포인트 마다 설치 가능한 네트워크화 된 말단 센서부, 그리고 말단 센서부에 전원 및 통신 라인을 제공하는 통신 및 파워 모듈부, 각 말단 센서를 통해 들어온 데이터를 저장, 분석 데이터 베이스화 할 수 있는 중앙 처리부(HMI모듈로 구성)되어 있으며 추가적으로 분석된 데이터를 공조기로 연결하여 제어할 수 있는 제어부로 이루어져 있다.

각 구성 요소를 자세히 살펴보면 말단 센서는 총 4가지 센서로 구성되어 있다. 미세먼지(PM-10) 측정이 가능하도록 제작된 먼지센서 모듈, 이산화탄소 측정 센서 모듈, 온도/습도 측정 센서모듈로 구성되어 있다. 이 센서 모듈의 특징은 모두 전력선 통신 네트워크에 연동될 수 있도록 제작되었다. 미세먼지 측정 센서는 광투과법(light transmission method)을 사용한다. 여기서는 실시간 샘플링 데이터 취득이 주목적이므로 이 방법을 사용하고 측정 시 그 결과가 유지기준의 1/2 이상 초과되면 주 시험 방법으로 측정하는 방법을 사용한다. 이산화탄소 측정 센서는 전기화학식 가스 센서로 구성하였다. 비분산 적외선 분석법을 이용한 센서와 큰 차이는 없다. 온도/습도 센서는 시중 집적 회로화 되어 있는 센서를 응용하였다. 이밖에 센서류는 제조업체에서 다양한 인터페이스를 가진 모듈을 생산하고 있다. 그러나 크게 전류 출력(4~20mA), 전압 출력(0~5V), RS-485, RS-232출력의 포맷이 대부분을 차지하고 있다. 따라서 본 연구에서는 이런 인터페이스 포맷을 모두 수용해 전력선으로 변환할 수 있는 A/D컨버터 모듈을 제작하여 향후 측정하고자 하는 환경 인자값의 변화에도 유연하게 대처할 수 있도록 설계하였다. 또한 실용화를 위한 설계의 주안점은 소형의 formfactor를 가질 것, 저소비 전력의 전력선 통신 (모듈 당 12V DC, 100mA 이하)이 가능하며 지하 환경

구조물의 원하는 측정 포인트에 설치가 가능하도록 하여 센서 네트워크를 구현하는데 시스템 설계의 목적이 있다.

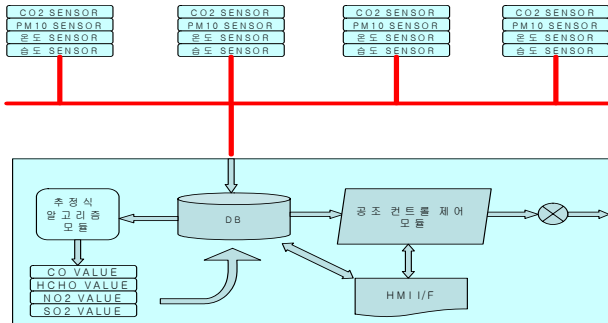


그림 9. 전체 시스템 구성도

본 과제에서 시스템 설계에 중점을 둔 부분이 센서 네트워크이다. Hardware layer에서 볼 때 4~20mA 아날로그 입력 방식, Differential pair(RS-485)을 이용한 통신 방식, 최근 각광 받는 Wireless방식 그 중에 Zigbee 정도가 활용 가능한 센서 네트워크라고 볼 수 있겠다. 각각의 장단점이 있겠으나 지하 환경 모니터링 및 공조 제어를 위한 시스템의 네트워크의 필요조건으로 네트워크 구성 요소의 신뢰성 확보하고 low-speed, long-distance 통신이 가능한 구조이며 센서 단말의 안정적 Data gathering을 위해서는 최소 2 Watt이상의 전력 공급이 가능한 구조를 갖추어야 한다. 이러한 조건을 만족하는 네트워크 방법으로 DC 12V 전원에 통신 데이터를 중첩하여 보내는 전력선 통신을 구현하였다. 각각의 센서 모듈은 슬레이브 모듈로 작동하도록 설계하고 마스터에 해당하는 모듈은 PC 또는 HMI기기, PLC와 연결하여 PC에서 내보낸 데이터를 받은 마스터 모듈이 통신 데이터를 생성함과 동시에 전력 공급을 동시에 할 수 있도록 증폭시켜 2-wire 배선을 통해 슬레이브 모듈로 전원과 데이터 통신을 동시에 하는 방법을 선택하고 있다. 2쌍의 PUSH-PULL driver가 38400bps의 통신 속도에 전력을 중첩하도록 하는데 무리 없이 구현되었다.

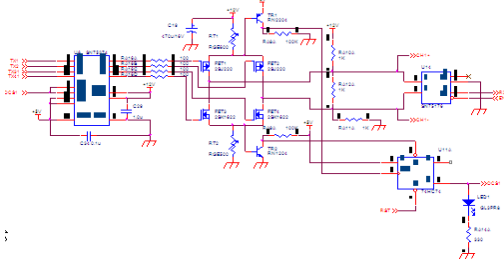


그림 10. 전력-통신 중첩 회로

4. 시스템 구현 예 및 성능 분석

센서 네트워크를 위해 시스템을 구현해 본 결과 bps에서

1개의 마스터 모듈 당 약 54개의 센서 모듈과의 통신을 안정적으로 수행할 수 있었다. 실제 서울 노인복지회관(안국, 종로)에 지하 환경 모니터링 시스템의 설치를 수행하였다. 실제 구현된 시스템에서는 시간별(최소 30분 간격), 일별, 월별로 센서에서 획득한 데이터를 저장 및 조회가 가능하도록 하였다. 센서값의 저장 및 공조제어를 위한 분석 판단용 database는 Window CE 5.0에서 활용이 가능한 콤팩트 버전의 MS-SQL SERVER COMPACT EDITION을 사용하였다. 데이터 베이스 schema는 그림 7과 같다. 최종 사용자가 확인해 볼 수 있는 application의 화면을 HMI장비에 구현하였다.

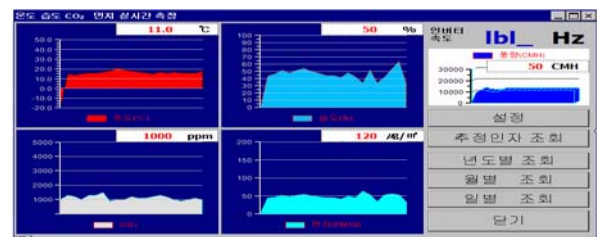


그림 11. HMI 단말기 센서 모니터링 감시/제어 화면

5. 결론

본 시스템은 지하공간내 환경을 감시 및 자동 제어할 수 있도록 2선식 전력선 통신방식을 적용하여 환경에 영향을 주는 온도, 습도, 먼지, 가스에 대한 센서를 설치하여 실시간 감시기능을 갖도록 설계 및 현장 적용하여 퍼스널 컴퓨터 환경에서 쉽게 조작할 수 있는 프로그램을 개발함으로써 지하공간의 안정성을 확보하고 쾌적한 환경을 보장할 수 있도록 하였다.

향후 활용방안으로는 지하 생활공간 뿐만 아니라 일반 건축물 빌딩등에 적용 가능하며 또한 원격감시 시스템과 방법 시스템을 접목하면 여러 산업분야에 활용이 가능하다.

참고 문헌

- [1] 2003년 차세대 핵심환경기술개발사업 연차보고서, 지능형 청정 공조 시스템의 설계 기술 및 시스템 개발, 2004.3
- [2] 차성기, 주택 내 공기오염 모니터링, 한국과학기술정보연구원, 2005.12

후 기

본 연구는 국토해양부의 2003 건설핵심기술연구개발사업인 “지하공간 환경개선 및 방재기술 연구개발(과제 번호: C03-02)” 연구사업의 일환으로 수행되었습니다.