

원격 환경 모니터링 시스템 개발

영남대학교 응용화학공학부 부교수 정재학

1. 서론

최근 환경 문제가 급격히 악화되고 있고, 지구 환경의 보존 필요성이 심각하게 거론되고 있어 국제적인 환경보호 정책과 연구가 매우 절실히 요구되고 있다. 환경오염의 대상이 수질, 대기, 토양으로 나누어지고 대상 환경의 실존을 위한 오염원 절감 및 처리 시스템의 연구 또한 활발하다. 이에 앞서 환경 시스템이 어떻게 악화되고 있고 그 정도가 얼마나 심각한 것인지, 또 환경오염처리공정의 가동상태가 얼마나 양호하게 작동하며 시간에 따른 오염 정도의 변화추이나 오염상태의 심각성은 어느 정도인지를 정확히 그리고 실시간대로 측정해 내고 모니터링 할 수 있는 체계적 시스템의 구축이 선행되어야 할 과제이며 궁극적인 환경 시스템의 보존에 필수적 요소임을 부인할 수 없다.

본 논고에서는 필자가 약 3년간 벤처기업((주)천마데이터시스템)을 운영하면서 수행한 사업 branch로서 개발하고 있거나, 개발 완료하여 판매하고 있는 원격 환경 모니터링 시스템 사업의 product들을 중심으로 화학공학 공정 시스템 분야에서 연구한 연구 결과가 어떻게 환경 보존 시스템에 활용될 수 있는가를 설명하고자 한다. 그 동안 개발된 product군은 2종류로 그 첫째가 하천, 호수 및 대기의 오염 상태를 실시간으로 원거리에서 관찰할 수 있는 원격 환경 모니터링 시스템과 이 product군의 오, 폐수 처리 시스템의 원격 관리 시스템에의 응용 product들이다. 특히, 낙동강 관리법의 국회 입법 절차를 필두로 본 product들은 우선 하천의 원격 모니터링 시스템과 하천 수계의 오, 폐수 처리시설의 원격 모니터링 시스템의 시장이 가장 먼저 형성되어 가고 있다. 이 분야의 시장이 향후 5년 내에 2조 원대에 이를 것으로 관측되고 있어 오수처리 시설 및 하천 수질의 원격 모니터링 시스템은 유선 전화, Internet 통신, 무선전화선을 통한 3가지 방법에 근거하여 원격 모니터링을 실현하였고, 완성한 제품이 시장에서 팔려나가고 있다.

그 둘째로는 최근 지구 온난화 문제와 맞물려 일어난 세계기후 협약들 및 CO₂ 저감에 따른 국제 협약에서 중요하게 새로이 대두되는 해양에서의 CO₂ 분압 측정 장치 및 원격 모니터링 시스템을 설명하고자 한다. 세계적으로 대기 중 CO₂량을 측정하는 연구가 대대적으로 시작되었고, 대기 중 CO₂ 방출은 결국 대기 중 잔존, 지표층 식물군에 의한 CO₂ 분해 및 해수로의 CO₂ 용해로 총합을 추산할 수 있다. 앞으로 도래할 국가 간 CO₂ 배출량 규제 등에 사용될 것으로 가장 확실시되고 있는 데이터는 각 국가의 대기 CO₂량과 각 지역별 해수에 용해된 CO₂분압의 데이터가 연구 및 규제의 핵심적인 기본 데이터가 될 것이고, 이에 발맞추어 세계 각국은 대기 중 CO₂ 잔존량과 해수 CO₂분압의 시간별 측정치를 획득하는 연구가 시작되었고, 일부 선진국에서는 매우 활발한 연구가 이미 상당 부분 수행되고 있다. 이 중 세계적으로 그 수요가 점진적으로 증가하고 있는 해수 중 CO₂분압 측정을 실시간으로 수행하여 인공위성 혹은 local computer에 의해 시간별 CO₂분압의 변동 추이를 얻을 수 있는 표층해수에서의 원거리 자동 CO₂분압 측정기를 개발하고자 한다.

2. 오, 폐수처리 및 하천의 원격 모니터링 시스템

최근 일반인들의 환경에 대한 인식이 높아지고 환경자원의 중요도가 점점 높아짐에 따라 국내에서도 환경관련 법령의 정비 등으로 오·폐수의 처리에 있어서 사용자의 부담을 늘리고 있다.

그에 따라 오·폐수 처리공정을 위한 여러 가지 설비 등이 많은 업체에서 개발되고 있고 또한 사용 중이다. 하지만 이들의 처리 공정 관리에 있어서의 문제점들 - 전국 오지까지 넓게 분포한 오수처리 시스템의 관리를 위해 현장에서 정기적으로 직원을 파견해야 하고 또한 실시간 관리와 제어기 어려움, 그리고 미생물의 계절별 발육조건이 달라짐과 운전자의 인식부족에 따른 가동률 저조 및 관리 부재로 인한 오수처리율의 저하 등의 난점들이 발생한다.

이러한 직면문제를 해결하고 더 나아가 오·폐수 처리공정을 효율을 극대화하고 오·폐수로 인한 환경 피해를 줄이기 위한 자동제어 시스템의 개발이 절실히 필요한 시점이다. 이를 위해 축소형 pilot 규모에서 공정의 ID(identification) 및 공정제어 알고리즘을 개발하고 분석 연구를 수행하여 오·폐수 처리공정의 효율을 극대화하고 계절별로 다른 미생물의 발육조건에 맞는 공정을 개발하며 또한 원격 통신 방법론을 연구하여 거리와 시간에 따른 감시와 제어의 제약을 없애고 운전자의 인식 부족으로 인한 가동률 저하 등의 관리 부재 문제를 해결하고 있다.

2-1. 원격 통신 시스템의 구현

거리와 시간의 제약 없이 실시간으로 오·폐수의 처리 상태를 확인하기 위해서는 오·폐수 처리기의 자동화가 필수이겠지만 자동화 상태의 모니터링이 무엇보다도 중요하다. 이를 위한 원격 통신 방법에는 현재 국가적으로 중점을 기울이고 있는 초고속통신망 사업을 이용하는 방법과 무선 통신 방법, 그리고 전화공중망을 이용한 통신방법, 마지막으로 RS-232c를 이용하는 방법 등이 있다. 앞서 말한바와 같이 본 연구에서는 직렬통신방법을 사용함으로써 거리에 제한이 있는 RS-232c를 제외한 초고속 통신망, 전화공중망 및 무선통신 방법을 사용하여 원격 통신 시스템을 구현하였다.

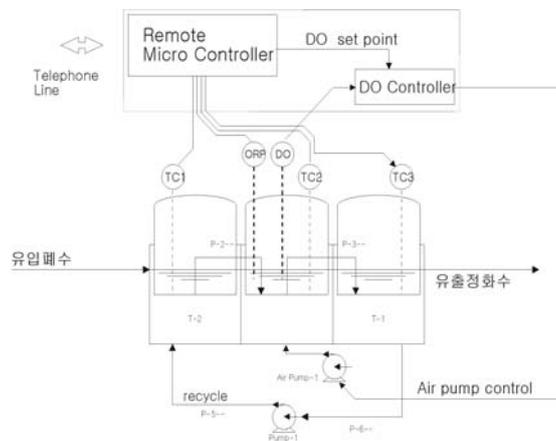


Fig. 1 Local Process

2-2. 오·폐수 처리용 모니터링 시스템 구성

생활오수는 사람의 활동 빈도에 따라 배출됨으로 배출 편차가 크고 희석수가 많이 유입되어 원수의 농도가 타 폐수에 비해 그다지 높지 않으며 생물학적 처리가 가능한 오염계이다. 특히, 오·폐수 처리기는 일정한 수위를 유지하게끔 설계되어 있고 이들 센서들은 오·폐수의 상태를 읽어 들여야 하기 때문에 수중에 설치되어야 하고 또한 오물로 인한 오염에 대해 자기세척 기능이 없으므로 오·폐수 처리기 외부로 집어내어 세척을 할 수 있어야 한다. 다음의 Fig. 1은 고안된 공정의 형태를 보여준다. 그림에서 볼 수 있듯이 센서의 고정판에 부력을 주어 센서 부위만 수면 아래에 있고 플러그는 수면위로 나오게 하여 오염을 막고 수위가 변하는 경우 가이드를 따라서 수직으로 움직이도록 했다. 그리고 필요한 경우 센서 고정판을 밖으로 들어내어

오염부위를 세척 가능하도록 설계하였다. 본 시스템에서는 DO, ORP 그리고 온도 센서가 데이터 수집 장치로써 사용된다.

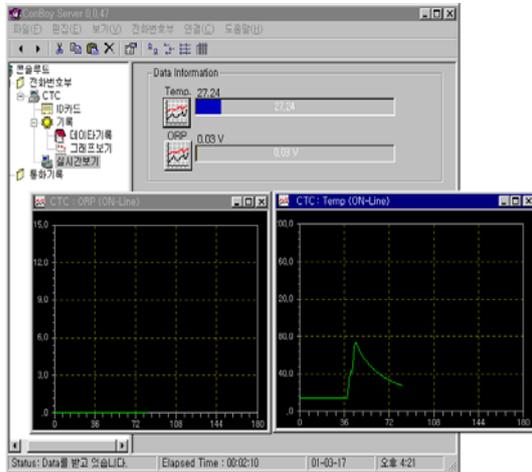


Fig. 2 Server program

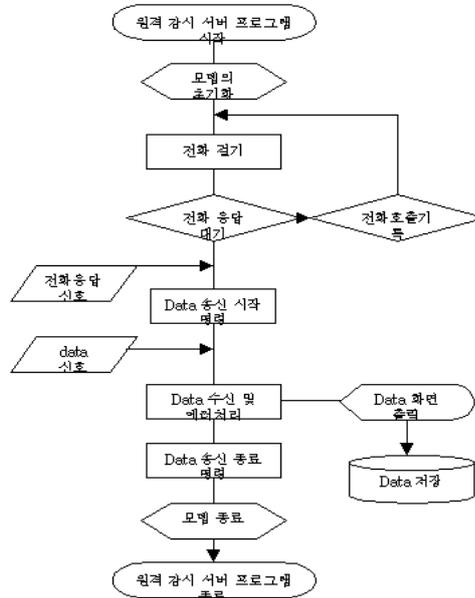


Fig. 3 Program flowchart

반면에 Interface에 있어서는 크게 원격 감시 서버 프로그램과 통신을 위한 하드웨어로써 먼저 서버 프로그램 (Fig. 2)은 기본적으로 직관적이고 사용이 쉬우며 사용자에게 익숙한 Window를 바탕으로 하여 설계가 되었다. 현재 Microsoft사의 Windows 9x와 최근 출시된 Windows 2000과 Millennium 모두에 사용할 수 있도록 Win32 표준 API를 사용하여 개발되었으며 저사양 컴퓨터에도 사용할 수 있도록 개발되었다. 사용자의 편리를 제공하기 위해 전화번호호출을 이용하여 관련 data를 저장, 확인하는 방법을 사용하여 관리자가 오·폐수 처리기 사용자의 이름만을 선택하면 사용자에게 대한 정보, 이전의 data, 그래프 그리고 현재 상태 확인을 위한 전화 연결을 한꺼번에 처리할 수 있도록 하였다. 그리고 Windows와 연계된 모뎀제어 방법을 사용하여 하드웨어에 대한 지식이 없어도 모뎀을 설정하고 전화를 연결하는데 아무런 문제가 없도록 하였다. 특히 이후에 원격 감시 서버 프로그램의 사용자를 위해 Agent 기법을 이용하여 더 손쉽고 알기 쉬운 프로그램으로 개발되었다. Fig. 3은 이러한 프로그램의 전체적인 흐름도를 보여준다. 다음으로 각종 sensor의 신호를 AD로 converting하고 modem을 통하여 데이터 송수신이 가능한 one chip microcomputer (Fig. 4)를 개발하였다. AD converter는 16bit AD converter를 사용하였으며 기타 DA, DI, DO를 장착한 모델로써 sensor로부터의 신호를 digital 신호로 변환하는 부분을 담당한다. 마지막으로 변환된 digital신호를 modem을 통하여 중앙 관제소와 통신하고 기본적인 제어동작을 총괄하는 one chip microcomputer를 개발하였으며 Fig. 4에서 보여지듯이 여러 module들이 integrate된 형식으로 단위 장치에서 원격 환경감시를 위하여 필요한 모든 module를 포함하고 있다.

그리고 본 system은 local control을 위해 system identification과 생명체 기준 농도를 잡고 여기서 공기펌프 양을 step change하여 공정의 동특성을 파악하고 이를 이용해 공정의 identification을 수행하였으며 그 결과 자료를 분석하여 PID controller tuning을 수행하였다.

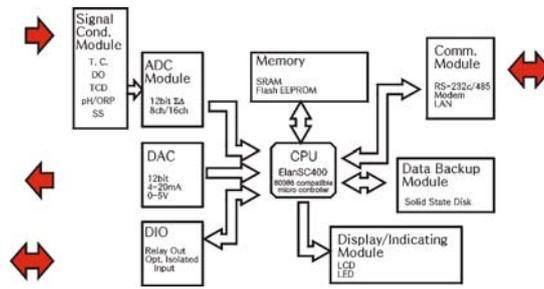


Fig. 4 One chip microprocess diagram

2-3. 시스템 적용

원격감시용 장치와 프로그램을 기본적으로 pH, DO, 온도 sensor를 장착한 Fig. 5의 실험 장치를 통하여 개발 및 테스트하였으며 또한 Fig. 6에 제품으로 완성되어 실제 공정에 적용된 사례를 보여주고 있다.

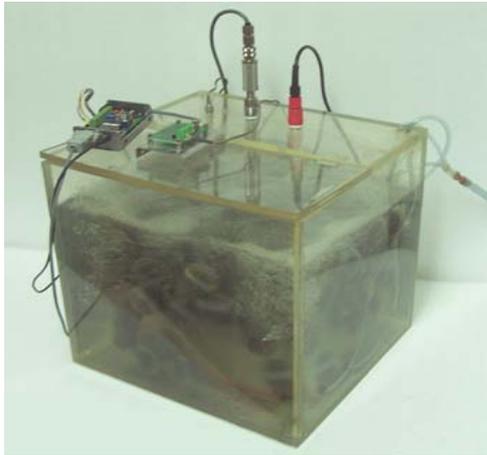


Fig. 5 Lab scale process



Fig. 6 Applied process

3. 위성을 이용한 해수표층의 CO₂ 분압 원격 측정 및 모니터링 시스템

현재 국제적으로 활발히 논의되고 있는 CO₂ 문제에서 머지 않은 장래에 CO₂ 규제에 관한 국제적 협약이 체결될 것이고, 이 국제적 협상에서 보다 많은 데이터를 가진 국가가 보다 유리한 협상 위치에 서게 될 것은 자명한 사실이다. 무엇보다 본 기기의 국산화에 따른 수입 대체 효과가 매우 지대할 것이며 장기적으로 볼 때 수입기기의 가격도 견제할 수 있을 것이다. 또 본 기기 제품을 기존의 제품보다 월등히 싼 가격으로 국제시장에 내놓을 경우 국제 과학 기자재 시장의 진출이 가능하며 큰 수출효과를 낼 수 있을 것이다. 또한 본 연구를 통한 기기의 대량 보급으로 CO₂의 온실효과 정량화와 CO₂분압 데이터의 보다 많은 데이터 획득으로 국제과학의 기술 향상과 국내의 CO₂ 관련 국제 협상팀에의 보다 유리한 협상 전략에도 큰 도움이 될 것으로 생각된다.

3-1. 기존의 해수 부유형 CO₂ 분압 측정 및 원격 모니터링 시스템 (CARIOCA)

본 연구에 의해 개발될 기술의 목표는 원거리 자동 CO₂분압 측정기기를 두 가지 형태의 제

품으로 국산화하며 현재의 외국 제품들의 단점을 기술 개선하는 것이다. 현재 판매되고 있는 유일한 외국제품은 해수 표면에 부유하여 떠다니는 형태의 것으로 약 \$30,000 정도의 가격에 달하는 제품명 CARIOCA라는 장치이다.

1) 기존 기술(또는 제품)의 문제점과 개선 방안

- 현재 상용되는 기술은 연속측정 시 장기간의(6개월 이상) 안정성이 떨어짐
- 측정의 안정성을 위한 Monitoring Mechanism 결여
- 해양으로 유입된 CO₂의 제거 및 거동을 정량화하기 위해서는 CO₂분압과 또 다른 인자(예, 총알 카리도)를 측정하여야 하는데 기존 제품은 단지 CO₂분압만 측정 가능

2) 기술개발에 따른 기대효과

- 국산화에 따른 수입대체효과
- 기존의 제품보다 원가절약 시 국제 과학 기자재 시장에 진출 가능
- CO₂의 분압측정이 온실효과 정량화에 필요한 핵심기술이므로 이의 개발은 국제 과학 기술의 향상에 기여하는 것임

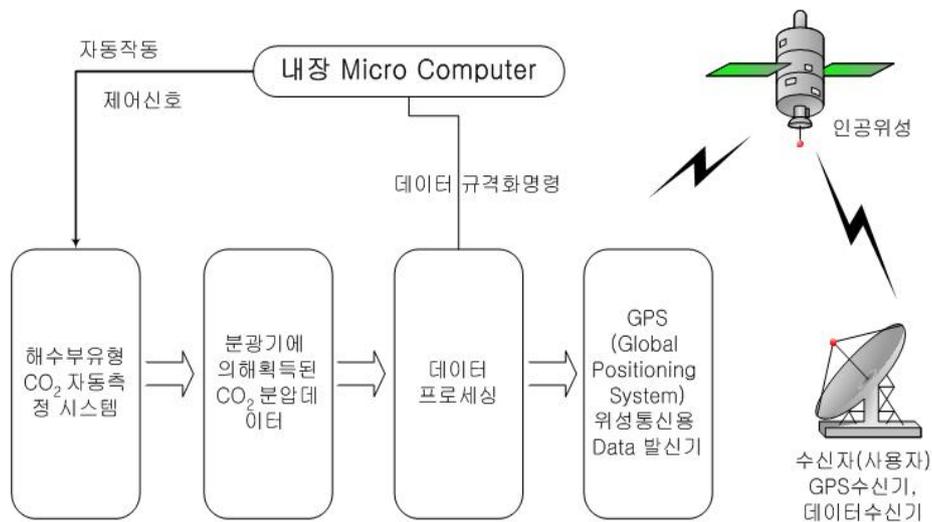


Fig. 7 위성 송수신 시스템 계략도

3-2. 해수표층 CO₂ 분압 원격측정 및 모니터링 시스템 개발

필자는 현재 선박에 장착하여 선박이 항해하는 동안 선박의 항로에 따라 CO₂분압 데이터를 자동으로 자체 장착 컴퓨터에 의해 데이터를 획득하는 선박고정용 장치와 CARIOCA와 같은 인공위성 수신에 의해 데이터를 획득하는 해수 표면 부유형의 두 종류로 해수 표면 CO₂ 분압 자동 측정기를 개발하고 있다. 특히 국제적으로도 경쟁할 수 있는 제품을 만들고자 하는 것을 궁극적인 목표로 하고 있다.

본 제품의 개발 기술은 두 가지 부분으로 나누어진다. 그 첫째 부분이 CO₂분압을 읽어내는 분석 시스템 부분이며, 두 번째 부분은 분석기기의 CO₂분압 데이터와 위치 혹은 시간데이터의 획득, 저장 및 실시간 전송 부분이다. CO₂분압의 분석 시스템은 또다시 두 가지의 주요 요소로 이루어진다. 그 첫째는 물질교환장치(Exchange Cell)이며, 두 번째 요소는 분석분광기(Spectrophotometer)이다. 물질교환장치(Exchange Cell)부분은 CO₂가 침투 가능한 실리콘 막(Silicon Membrane)과 pH Indicator로부터 해수분리장치로 이루어진다. 실리콘 막으로의 CO₂ 확산에 의해 Color Indicator와 해수 내의 CO₂간의 평형상태가 이루어지게 되고 이때의

Color Indicator에서의 분광학적 분석에 따라 해수내의 CO₂분압을 얻게 되고 Color Indicator는 공인된 표준물질 (CRM: Certified Reference Material), 즉 표준 Na₂CO₃에 대한 시약의 해수내의 CO₂에 의한 변색 정도에 따른 분광학적 분석에 의해 CO₂분압을 읽게 된다. 두 번째 부분인 데이터의 획득, 저장 및 실시간 전송 시스템은 해수 부유형인가, 선박장 착용인가에 따라 달라진다. 해수 부유형의 경우 해수면 CO₂분압 데이터를 사용자가 원하는 시간 간격으로 작동이 일어나도록 내장된 Microcomputer에서 자동 제어되도록 설치하여 이 데이터를 인공위성으로 수신하고 사용자는 인공위성 송신 서비스를 통해 데이터를 실시간으로 수신하게 된다. 송, 수신 시스템의 계략도는 Fig. 7에 나타내었다.

4. 결론

향후 환경 모니터링 시스템의 중요성은 점차 크게 대두될 것이며 시장생성 시 빠른 속도로 증가할 것이다. 본 연구를 수행하여 온 (주)천마 데이터 시스템과 필자는 점차 증가하는 시장성과 환경보존을 위한 필수적 시스템으로서의 역할을 담당할 본 product들의 중요성을 인식하고 연구개발에 박차를 가하고 있으며, 아울러 화학공장의 공정 시스템 분야의 연구가 환경공학의 중요한 한 분야를 이룰 수 있음을 보여주고 있고 또 궁극적으로 지구 환경의 보호를 위한 필수적인 분야로 자리매김 할 수 있는 좋은 본보기가 될 것이라 생각된다.

5. Reference

- 1) 대구광역시, “달서천 하수종말처리장 시공설계 보고서”
- 2) 국립환경연구원, “정화조 현장설치 및 유지관리 교육(II), (1999)
- 3) 국립환경연구원, “정화조 현장설치 및 유지관리 교육(IV)”, (1999)
- 4) 권재락, “윈도우즈 95 Visual C++ 통신 프로그래밍”, 한글과 컴퓨터, (1997)
- 5) 삼성 엔지니어링, “SM 담체를 이용한 고효율 오수정화시설”
- 6) 성기달, 조무환, 이영호, 김정목, “소규모 오수처리기술”, 보명산업, (주)동해엔지니어링/CTC, (2000)
- 7) 서창섭, “합병정화조구조에 따른 생물학적 산소요구량과 부유물질 제거 성능 비교 연구”, 영남대학교 환경대학원
- 8) 이영호, “폐수처리장 기계, 배관 관리지침”, (주)동해엔지니어링
- 9) (주)정선, “오수정화처리 핸드북”
- 10) 추영수, “건축시공”, 건설도서
- 11) (주)퍼텍코리아, “오. 폐수 고도처리 신기술”
- 12) 한명호, 조무환, 이영호, 김정목, 성기달, 남범식, “환경공학(동해 핸드북)”, (주)동해엔지니어링/CTC, (2000)
- 13) 환경부, “수질오염방지시설의 표준화”
- 14) F.Leonhardt, E.Monning, “철근 콘크리트 설계“, 정학사
- 15) Peter C.Jurs, “Computer Software Applications In Chemistry”, John Wiley & Sons,Inc., (1996)
- 16) Stephen C.Gates, Jordan Becker, “Laboratory Automation Using The Ibm Pc”, Prentice-Hall,Inc., (1989)