

SBR 오수처리시설의 Local 운영시스템 연구

박주식 *

Park Joo Sic

김대식 **

Kim Dae Sik

김건호 **

Kim Gun Ho

강정식 ***

Kang Kyung Sic

제1장 연구개발 개요

최근에 각 언론기관 및 인터넷 게시판들에서 하수/정화처리 시설의 문제로 방송되고 있다. 1999년 10월 29일 TV 뉴스에서 “오물 배출구 - 가정 정화조 제구실 못해”, 2000년 2월 13일에는 “एं터리 정화조” 등 각 언론에서의 정화처리 시설 등의 문제점들이 보도되었다. 4대강 상수원 지역에 설치된 개별 하수처리장인 합병정화조는 하수가 모아지면 미생물이 오염물질을 분해해서 깨끗한 물로 만들어 보냅니다. 그러나 상당수의 합병정화조는 제구실을 하지 못하고 있는 실정이다. 미생물이 살 수 있도록 산소를 공급하는 전원을 가동시키지 않고 있기 때문이다.

설치만 해놓았지 전기료 등 비싼 처리비용 때문에 관리를 하지 않고 있기 때문에 전기가 공급되지 않는 정화조는 당연히 오염물질을 거르지 못하는 것이다.

국립환경연구원에서는 경기도, 팔당호특별대책지역 시·군 관계자 등 팔당호특별대책 인근의 식품접객업, 숙박업, 목욕탕업 등에서 발생하는 다량의 고농도 오수를 기존의 단독정화조에서 합병정화조로 정착하여 안정적 상수원 확보를 목적으로 지난 '97년 3월 개정되어 7월부터 시행 중인 오수·분뇨 및 축산폐수처리에 관한 법률의 주요골자는 특별대책 지역내 방류수 기준 100ppm에서 20ppm 이하로 시행되다가 99년 1월5일 법률 개정으로 기존 20ppm에서 10ppm으로 더욱 강화돼 시행되고 있다.

그래서, 이러한 제도를 강화하기 위해 정화조의 가동상태 확인기를 의무적으로 설치하게 되었는데 이것은 가동된 현황만 알 수 있는 전력량계 일뿐이어서 배출물에 대한 정보를 알 수가 없다. 이렇게 축사, 가정, 공장 등에서의 오염물을 정화해야 하는 시설물에서 제기능의 관리, 관리자의 관리 등을 모니터링하여 시설물의 기능을 점검할 수 있는 장치가 있어야 하겠다.

하수처리장 및 폐수처리장 시설물의 정류과정에 대한 컴퓨터프로그램은 1986년 International Association on Water Pollution Control(International Association on Water Quality의 전신)가

* 명지대학교 산업공학과 박사수료

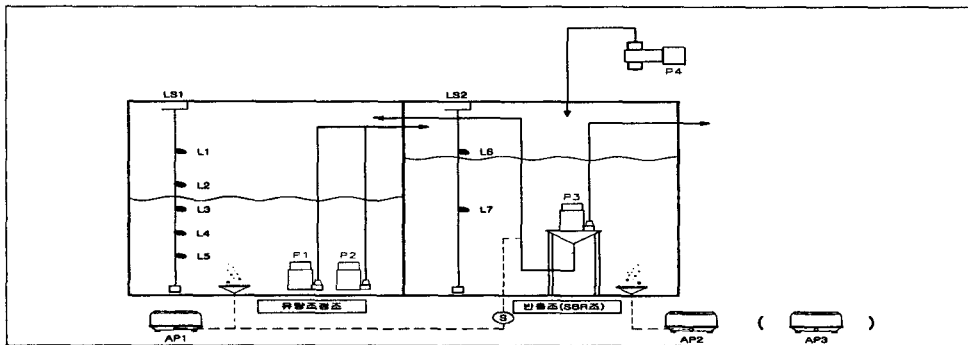
** 안산공과대학 산업경영과 교수

*** 명지대학교 산업공학과 교수

(1) 우수처리시설은 다음과 같은 순서로 처리과정을 거치게 된다.

유입	유입은 반응조(SBR조)에 오수를 채우는 과정이다.
↓	
반응	반응은 반응조(SBR조)에 공기를 공급하여 미생물이 오수를 처리하는 과정이다.
↓	
침전	침전은 미생물을 고요한 상태에서 가라앉혀 처리수와 미생물을 분리하는 과정이다.
↓	
반송	반송은 디켄터(배출장치)에 쌓여있는 미생물을 오톤농축조로 보내는 과정이다.
↓	
배출	배출은 처리된 오수를 밖으로 보내는 과정이다.

(2) 각 기계류는 위의 각 공정(유입-반응-침전-반송-배출)별로 다음과 같이 작동한다.



① 유입

작동 기계류	작동방법
P1, P2 (유량조펌프)	(1) P1 과 P2는 동시에 작동하지 않고 교대로 작동하게 한다. (30분/30분) (2) 운전모드를 반자동위치에 놓았을때 최초로 작동하게 되며 반응조의 레벨(LS2)이 L7 → L6 이 될 때까지 작동하고 L6이 되면 멈춘다. (3) 유량조정조 펌프를 선택하는 스위치인데 펌프가 고장일 경우 사용한다. - P1/P2 교행 : 위에 나온대로 30분/30분 교대로 운전한다. - P1 FULL : P1만 계속 가동한다. (P2펌프 고장시 사용) - P2 FULL : P2만 계속 가동한다. (P1펌프 고장시 사용)
AP1	(1) 24시간 가동한다.

② 반응

작동 기기류	작동방법
AP2 (에어펌프2) P4(약품펌프)	<p>(1) AP2는 유입과정이 끝나면 바로 작동하게 된다.</p> <p>(2) 3시간(3시간 가동), 5시간(5시간 가동), 7시간(7시간 가동), 10시간(10시간 가동) 위의 시간이 지나게 되면 AP2는 멈춘다. AP3 이 있는 경우는 AP2와 동시에 가동하고 동시에 멈추면 된다.</p> <p>(3) 약품펌프 약품펌프는 포기가 끝나기 1시간 전에 5분간 가동된다. 예를 들어 위에서 반응시간이 3시간 이면 2시간 흐른다음 5분간 약품펌프가 가동된다. 그러나 반응펌프의 작동과는 무관하며 반응펌프는 계속 3시간 동안 돌아간다.</p> <p>(4) 간헐포기 간헐포기는 반응시간동안(3-10시간) AP2가 계속적으로 가동할지 간헐적으로 가동할지를 결정한다. - 30/30 은 30분 가동 30분 멈춤 - 45/15 는 45분 가동 15분 멈춤 - FULL 은 계속가동을 의미하는데 다음을 참고한다. - 예시 - ※ 반응시간이 3시간이고 간헐포기가 30/30 일 경우 (30분가동-30분멈춤) - (30분가동-30분멈춤) - (30분가동-30분멈춤) - 반응끝 ※ 반응시간이 5시간이고 간헐포기가 45/15 일 경우 (45분가동-15분 멈춤) - (45분가동-15분 멈춤) - (45분가동-15분 멈춤) - (45분가동-15분 멈춤) - (45분가동-15분 멈춤) - 반응끝 ※ 반응시간이 5시간이고 간헐포기가 FULL 일 경우 (5시간 가동) - 반응끝 반응이 끝나면 침전시간으로 넘어간다.</p>
API	(1) 24시간 가동한다.

③ 침전

작동기기류	작동방법
없음	반응이 끝나면(AP2 가 멈추면) 침전과정을 거치게 되는데 이때 모든 기기류는 멈춘다. (AP1 제외) 멈추는 시간은 침전시간으로 조절할 수 있다.
API	24시간 가동한다.

④ 반송

작동 기기류	작동방법
솔벨브(S)	침전시간이 끝나면 1분간 솔벨브가 작동한다. 작동이유는 AIR LIFT(공기를 이용한 펌프)를 가동하여 미생물을 반송시키기 위해서 이다. (오니농축조로 이송)
API	24시간 가동한다.

⑤ 배출

작동 기기류	작동방법
P3	반응조의 레벨(LS2)이 L6 → L7 이 될 때까지 작동하고 L7이 되면 멈춘다.
AP1	24시간 가동한다.

(3) 저부하 모드

반자동 운전에서 기기류의 작동을 설명하였는데 유량조정조의 레벨(LS1) 중에서 L5 가 아래로 떨어졌을때 (오수가 L5 이하상태) 는 모든 공정은 저부하 모드로 전환되어야 한다.

작동 기기류	작동방법
AP1	5분 가동 / 30분 멈춤
AP2	5분 가동 / 30분 멈춤

보통의 경우 유입 과정에서 위의 경우가 발생하며 L5 이하로 오수가 줄어들면 수증펌프가 공기중에 노출되어 고장의 원인이 될 수 있기 때문에 저부하 모드로 전환되며 또한 에어펌프가 가동되는 이유는 미생물을 최소한으로 유지시키기 위함이다. (계속가동하지 않고 간헐로 가동하는 이유는 미생물 자산화 방지 효과가 있다.) 저부하 모드중에 L5가 ON (오수가 L5 이상상태)로 되면 다시 정상으로 작동한다.

(4) 유량조 에어펌프 (AP1)

유량조정조 에어펌프는 보통의 경우 24시간 가동을 원칙으로 하며 저부하 모드에서만 5분가동 30분 멈춤을 반복하게 된다. 대부분의 프로그램은 반응조 에어펌프(AP2, AP3) 의 가동을 조절하게 구성되며 AP1은 보조적으로 작동한다.

(5) 자동 운전

자동 운전에서는 유량조정조의 수위에 따라(LS1) 각 기계류의 운전상태가 표와 같이 자동으로 작동하게 된다.

(6) 레벨에 따른 특기사항

가. L4와 L5의 운전

저수위와 최저수위에서는 위의 표와 같이 유입펌프는 계속 가동되지 않고 간헐적으로 가동되게 되는데 목적은 반응조의 미생물이 살수 있는 최소한의 영양물질을 공급하는데 있다. 이때 간헐유입과정에서 AP1 과 AP2는 저부하 모드와 같은 상태로 운전된다. (5분가동 30분 멈춤) 원래는 유입과정에서는 AP1 은 24시간, AP2는 정지 상태로 유지되어야 하지만 오수가 부족한 상태이기 때문에 미생물의 자산화를 방지하는 효과가 있다.

No.	레벨위치	상태	공정별 기계류 작동시간				
			유입	반응		침전	비고
				반응시간	간헐포기		
1	L1	최고수위 (HH)	P1, P2 가동 (반자동과 동일)	AP2 3시간 가동	FULL	90분 침전	반송과 방류는 동일
2	L2	고수위 (H)	P1, P2 가동 (반자동과 동일)	AP2 5시간 가동	FULL	90분 침전	반송과 방류는 동일
3	L3	정상 (M)	P1, P2 가동 (반자동과 동일)	AP2 5시간 가동	FULL	90분 침전	반송과 방류는 동일
4	L4	저수위 (L)	P1, P2 간헐가동 5분 -ON 30분 -OFF	AP2 7시간 가동	45/15	90분 침전	반송과 방류는 동일
5	L5	최저수위 (LL)	P1, P2 간헐가동 1분 -ON 30분 -OFF	AP2 7시간 가동	45/15	90분 침전	반송과 방류는 동일
6	바닥	바닥상태	반자동 운전의 저부하 모드로 유지된다.				

나. 각 수위의 상호 변환

운전중에 수위의 변화는 2가지의 원인이 있는데, 첫째, 유입과정에서 오수가 줄어드는 현상과 둘째, 사용자가 물을 배출하여 유량조의 오수가 늘어난다. 앞의 상황에 따라 운전모드도 마찬가지로 바뀌어 작동한다. 작동방법은 표와 같이 운전하게 되며 유입공정에서 일어나는 상황이며 반응 공정이나 기타 공정에서 유량조의 레벨의 변화가 있더라도 운전에는 영향을 미치지 않는다.

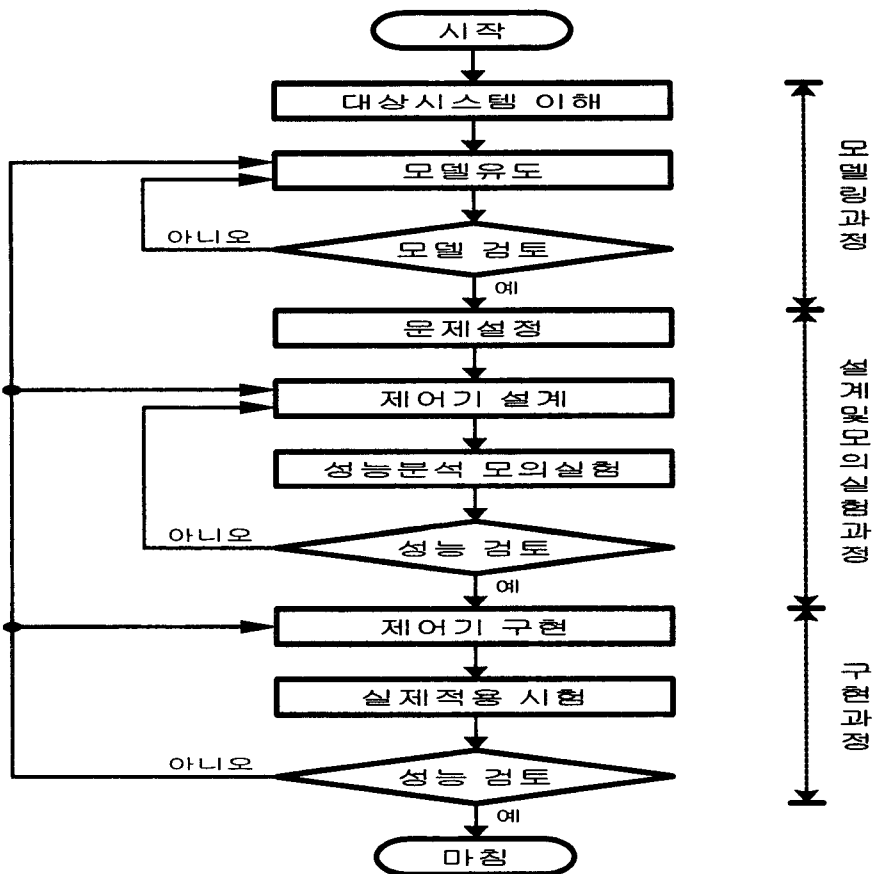
수위변화	운전모드 변환
L1(HH)→L2(H)	유입과정 중 발생하며 표3의 1번 방법으로 운전된다. (변화없음)
L2(H)→L3(M)	유입과정 중 발생하며 표3의 2번 방법으로 운전된다. (변화없음)
L3(M)→L4(L)	유입과정 중 발생하며 표3의 3번 방법으로 운전된다. (변화없음)
L4(L)→L5(L)	유입과정 중 발생하며 표3의 5번 방법으로 전환된다. (4번에서 5번으로 바뀜)
L5(LL)→바닥	유입과정 중 발생하며 표3의 저부하 모드로 운전된다. (바뀜)
비고	위의 경우는 유입 공정에서 발생한다.
바닥→L5(LL)	저부하 모드 에서 L5 운전(표3의 5번)으로 전환된다.(바뀜)
L5→L4(L)	L5 운전에서 L4 운전으로 전환(표3의 5번에서 4번)된다. (바뀜)
L4→L3(M)	L4 운전에서 L3 운전(표3의 4번에서 3번)으로 전환된다. (바뀜)
L3→L2(H)	초기 운전상태로 운전(변화없음)
L2→L1(HH)	초기 운전상태로 운전(변화없음)
비고	위의 경우는 사용자의 오수사용으로 발생되며 어느 공정에서나 발생 가능하다.

제2장 연구개발 내용 및 방법

제1절 개발방법

본 연구를 수행하는데 있어 다음과 같은 사항으로 프로젝트를 수행하고 <그림1>과 같이 프로세스로 연구한다.

- LCD 출력방법 연구
- 자동화 장비 제작업체와 설계 의뢰
- 마이크로프로세서 설계 연구
- PLC, 시퀀스제어 연구
- 기존 설비의 Upgrade 연구
- 센서의 특성파악(스위치)
- 마이컴제어의 프로그램 및 데이터관리 연구



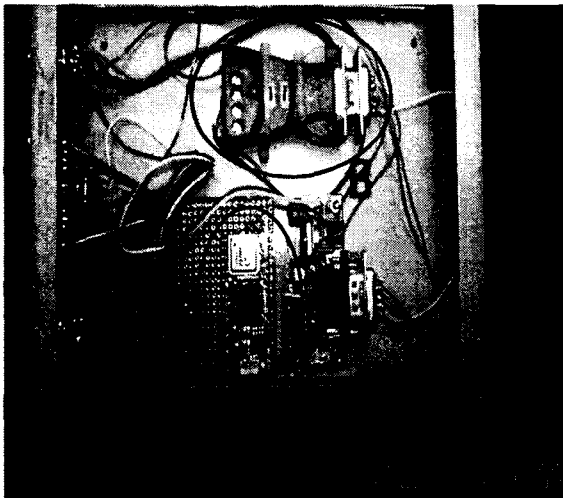
<그림 1> 연구개발 프로세스

제2절 HARDWARE

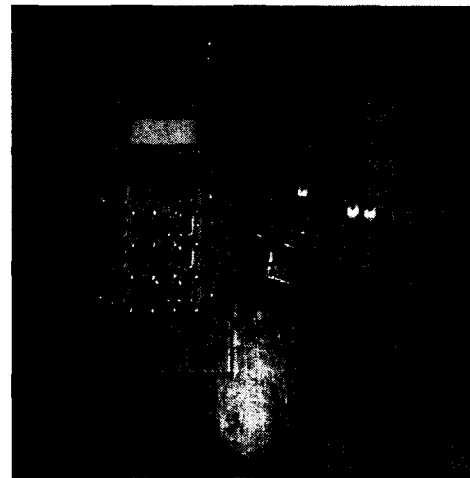
2.1 PIC chip 의 특성

Key-pad를 구동하는 핵심부품은 PIC사의 one-chip을 사용하였다. 일반 BASIC명령어와 구조로 쉽게 프로그램을 작성할 수 있다. 다음 <그림2>는 KEY-pad의 내부의 모습이다. A는 PIC CPU 회로부분이고, B는 원거리 통신을 할 수 있는 RS232신호를 RS422신호로 바꾸어주는 convertor이다.

PIC 마이크로 프로세서는 미국 마이크로칩테크놀로지社(Microchip Technology Co.)에서 개발한, 소형이면서 주위에 전원과 크리스털 발진자만 접속하면 LED를 직접 구동할 수 있는 입출력 포트를 개별로 프로그램 제어가 가능하다. 최고 20MHz로 고속이며, 전지 구동도 가능한 저소비 전력형이다. 형태는 18핀, 28핀, 40핀 DIP등등을 제공하고, 12비트, 14비트, 16비트의 RISC형으로 명령수가 적기 때문에 기억하기 쉽고 프로그래밍이 쉽기 때문에(35명령), 비전문가도 쉽게 사용이 가능하다.



<그림 2> Kay-pad 내부사진



<그림 3> Key-pad의 외부사진

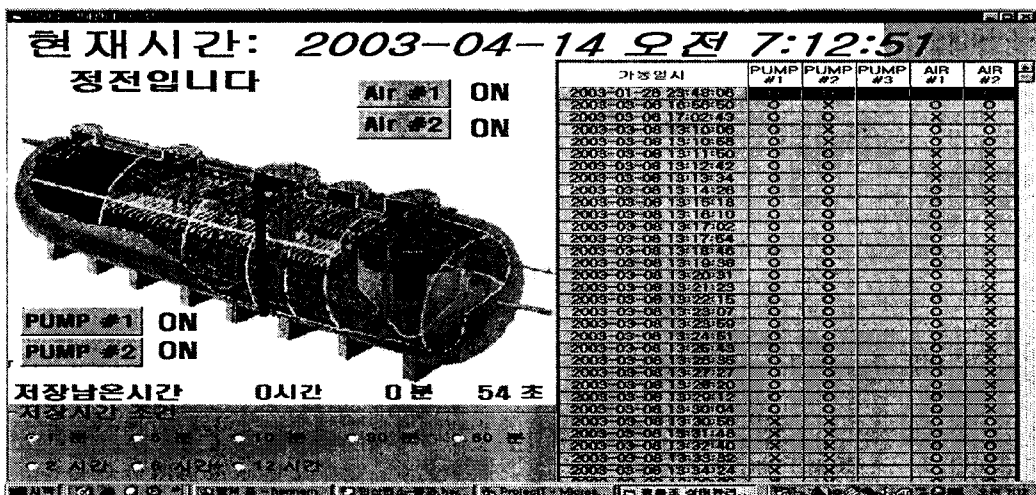
특히, PIC16C84, PIC16F84는 메모리가 EEPROM이기 때문에 몇 번이라도 프로그램을 즉시 소거하고 간단하게 라이트할 수 있어, 실험이나 간단한 제어에 적합하다. 현재 Microchip사로부터 공급되고 있는 PIC 시리즈로는 아래 <표2>와 같이, 크게 나누어 12, 14, 16비트의 3계열이 있다. 그리고 각각 메모리의 종별로 나누면 4종류로 분류할 수 있으나, 계속 개발이 진행되고 있으며, 나날이 신종이 발표되고 있다.

<표 2> PIC chip의 일람표

ROM	EPROM	EEPROM	UVPROM	
	17C4x 17C75x			16bit CPU
	16C6x 16C62x 16C64x 16C66x 16C7x 16C71x 16C9xx	16C84 16F84 16F83	16C74JW (A/D)	14bit CPU
16CR5x 16CR5xA	16C5x 16C5xA 16C55x		16C57JW	12bit CPU

제3절 SOFTWARE

Micom에서 전송된 정보를 MDB파일에 저장하고 저장된 정보를 조회할 수 있는 관리프로그램을 Visual-BASIC 6.0으로 구성한다. <그림 6>은 bar-code, key-board 또는 key-pad를 사용하여 생산정보를 등록하는 화면이다. 그림 오른쪽은 각 설정된 시간대별로 펌프와 브로워의 가동상태를 O, X로 표시하였고, 정확조 그림 중앙에 적색의 직선에 각 수위레벨 센서의 위치를 4단계로 표시하였다. 화면에 그래픽으로 펌프, 브로워의 가동을 On/OFF의 표시로 하여 관리자가 정확조 내부와 각 구동기의 가동상태를 한눈에 볼 수 있다. <그림 7>은 컴퓨터 프로그램에서 각 모듈의 중요한 알고리즘 프로그램과 <그림 8>은 Micom 구동의 프로그램을 나타내었다.



<그림 6> 정확조 가동상태 화면

```
Public Sub jejang()  
    Data1.RecordSource = "master"  
    Data1.Recordset.Fields("일시") = Date$ + " " + Time$  
    If Label1.Caption = "ON" Then  
        Data1.Recordset.Fields("P1") = "O"  
    Else  
        Data1.Recordset.Fields("P1") = "X"  
    End If  
    If Label2.Caption = "ON" Then  
        Data1.Recordset.Fields("P2") = "O"  
    Else  
        Data1.Recordset.Fields("P2") = "X"  
    End If  
    If Label3.Caption = "ON" Then  
        Data1.Recordset.Fields("B1") = "O"  
    Else  
        Data1.Recordset.Fields("B1") = "X"  
    End If  
    If Label4.Caption = "ON" Then  
    End If  
    If Label4.Caption = "ON" Then  
        Data1.Recordset.Fields("B2") = "O"  
    Else  
        Data1.Recordset.Fields("B2") = "X"  
    End If  
    oldti = Time  
    Data1.Recordset.Update  
    Data1.Refresh  
    Call outdb2  
End Sub
```

```

Private Sub Form_Load()
    tmrWatch.Interval = 1000
    Comeone.InputLen = 1
    Comeone.InBufferSize = 1024
    Comeone.OutBufferSize = 1024
    Comeone.SThreshold = 2
    Comeone.RThreshold = 1
    Comeone.CommPort = 1 '포트번호 세팅
    Comeone.Settings = "9600,N,8,1"
    Comeone.PortOpen = True
Private Sub tmrWatch_Timer()
    Label22.Caption = (ttt - Int((Time - oldti) * 100000)) - ((Int((ttt - Int((Time - oldti) * 100000)) / 60))) * 60
    Label26.Caption = (Int((ttt - Int((Time - oldti) * 100000))/60) - ((Int((ttt - Int((Time - oldti) * 100000)) / 3600) * 60))
    Label12.Caption = Int((ttt - Int((Time - oldti) * 100000)) / 3600)
    Label9.Caption = Date + Time
    If Int((Time - commti) * 100000) >= 5 And commcheck = 1 Then
        Label13.Caption = "정전입니다"
    End If
    If commcheck = 9 Then
        Label13.Caption = "
        commcheck = 1
    End If

    If Int((Time - oldti) * 100000) >= ttt Then
        Call jejang
        oldti = Time
    End If

End Sub

Call outdb2
    oldti = Time
    commti = Time

    Option1 = True
    ttt = 60
End Sub

Public Sub outdb2()
    MSFlexGrid1.Clear
    MSFlexGrid1.TextMatrix(0, 0) = "가동일시"
    MSFlexGrid1.TextMatrix(0, 1) = "PUMP #1"
    MSFlexGrid1.TextMatrix(0, 2) = "PUMP #2"
    MSFlexGrid1.TextMatrix(0, 3) = "PUMP #3"
    MSFlexGrid1.TextMatrix(0, 4) = "AIR #1"
    MSFlexGrid1.TextMatrix(0, 5) = "AIR #2"

On Error Resume Next
i = 1
Data1.Recordset.MoveFirst
Data1.Refresh
Do Until Data1.Recordset.EOF
    MSFlexGrid1.TextMatrix(i, 0) = Data1.Recordset.Fields("일시")
    MSFlexGrid1.TextMatrix(i, 1) = Data1.Recordset.Fields("P1")
    MSFlexGrid1.TextMatrix(i, 2) = Data1.Recordset.Fields("P2")
    MSFlexGrid1.TextMatrix(i, 3) = Data1.Recordset.Fields("P3")
    MSFlexGrid1.TextMatrix(i, 4) = Data1.Recordset.Fields("B1")
    MSFlexGrid1.TextMatrix(i, 5) = Data1.Recordset.Fields("B2")
    i = i + 1
    Data1.Recordset.MoveNext
Loop
MSFlexGrid1.Rows = i + 3

End Sub

```

<그림 7> 컴퓨터 그래픽 처리 및 MDB 저장프로그램

```

Dim p1 As Integer, p2 As Integer, a1 As Integer, a2 As Integer, level As Integer, j As Integer
Dim mode As Byte, mode1 As Byte, mode2 As Byte, mode3 As Byte, susin As Byte
SET PICBUS HIGH
LCDINIT
locate 0, 1
Print "Level:"
locate 0, 0
Print "P1 P2 A1 A2"
10 serin 5, 103, 0, 100, 20, [susin]
20 i = keydelay(padin(1), 0, 30, 10)
    p1 = outstat(0)
    p2 = outstat(1)
    a1 = outstat(2)
    a2 = outstat(3)
    serout 6, 103, 0, 0, [dec(level,1),dec(p1,1),dec(p2,1),dec(a1,1),dec(a2,1),"Z"]
    If susin > 0 Then GoTo 30
    If i = 0 Then GoTo 10
30 If susin = "A" Then
    out 0, 1
End If
If susin = "B" Then
    out 0, 0
End If
If susin = "C" Then
    out 1, 1
End If
If susin = "D" Then
    out 1, 0
End If
If i = 16 Then
    If outstat(0) = 1 Then
        out 0, 0
    Else
        out 0, 1
    End If
End If
p1 = outstat(0)
p2 = outstat(1)
a1 = outstat(2)
a2 = outstat(3)
If i = 3 Then
    out 0, 1
    p1 = 1
    out 1, 0
    a2 = 1
    locate 7, 1
    Print "M-H "
    level = 3
End If
If p2 = 1 Then
    locate 6, 0
    Print "O"
Else
    locate 6, 0
    Print "X"
End If
GoTo 10

```

〈그림 8〉 Micom 제어 및 컴퓨터 통신 프로그램

제3장 기대효과 및 활용방안

본 산학연 컨소시엄을 통해 정화처리 전기 판넬의 PLC를 대체하면서 다음과 같은 효과와 활용방안을 예측할 수 있겠다.

(1) 기술적 측면

PLC를 이용한 제어방법은 과거에 많이 도입되기 시작하였으며 초기의 전기계장에 의한 제어보다는 많은 효과를 보아왔다. 현장의 아날로그 정보에 의한 제어방식이 주종을 이루고 있는 상황에서는 제어만으로는 곤란한 경우가 발생하였다. 현 상태를 항상 감시하여 제어조건을 변환하여 최적의 조건으로 만들어야 하며 이러한 정보를 저장하는 기술이 필요하다. 마이컴에 프로세스 데이터의 입,출력 및 플랜트의 감시, 조작, 제어 등을 모두 집중화 시켜 관리하는 시스템이다.

(2) 경제·산업적 측면

1) PLC는 센서와 가동장비에 집중되어 있어 이상이 발생하면 공정 전체가 제어 불능 상태가 되어 신뢰성 저하가 문제가 되었다.

2) 통신포트에 의한 원격감시 기능(인력절감)

3) 일관성 있는 공정 관리 및 제어의 신뢰도가 향상되며 다양한 응용이 가능하고 유연성 있는 제어가 가능하다.

4) 한 조작자가 처리공정에 대한 많은 정보처리 및 제어기능을 수행하며 집중관리가 가능하여 인력의 효율적 활용 및 유지보수가 용이하다.

5) 복잡한 연산과 논리 회로를 구성할 수 있고 Data의 수집 및 보고서(Report) 작성 기능이 있으며 개별적인 시스템의 추가로 다른 구역과 자동화 개념으로 쉽게 접속이 가능하다.

(3) 활용방안

컴퓨터시스템에 프로세스 데이터의 입,출력 및 시설물의 감시, 조작, 제어 등을 모두 집중화 시켜 관리하는 시스템이다. 환경관리기관, 생산업체등에 상품화 할 수 있는 모듈로 개발시에는 많은 수요가 발생할 수 있다.