

# 원형철제빈용 벼 자동관리 장치 개발(I)<sup>†</sup>

-벼의 건조저장 자동관리장치 개발-

## Automatic Management System for Rough Rice Stored and Dried in Bin

-Automatic Management Device for Drying and Storage of Rough Rice-

금동혁\*                      한재웅\*                      김 훈\*

정희원                      정희원                      정희원

D. H. Keum                  J. W. Han                  H. Kim

### 1. 서론

우리나라의 미곡종합처리장(Rice Processing Complex, RPC)은 1991년 시범사업으로 2개소가 설치된 이래 2002년말 현재 328개소가 설치 운영되고 있다. 현재 RPC는 벼의 수확후 처리공정을 일관화한 시설일 뿐만 아니라 쌀 유통의 중심시설로 성장하였다.

RPC의 건조시설은 대부분이 열풍건조와 상온통풍건조를 조합하여 사용할 수 있도록 설계되어 있다. 열풍건조에는 순환식건조기와 연속식건조기가 이용되고 있으며, 상온통풍건조에는 원형철제빈(사일로)이 주로 이용되고 있으며 일부 사각빈이 이용된다. 원형철제빈은 벼의 건조와 저장을 겸용하고 있다.

RPC에는 대부분 300톤 용량의 원형철제빈 5 ~ 10기가 설치되어 있으며, 최근에 500톤 규모의 것이 설치되어 운영되고 있다. 원형철제빈에는 송풍기, 교반기 및 히터가 부착되어 있어 누적혼합건조가 가능하며, 일기가 불순할 경우 상온의 공기를 2~5℃ 정도 가열하여 사용할 수도 있다.

RPC의 상온통풍건조시설은 기상조건, 투입벼의 함수율 및 반입량에 따라서 송풍기와 히터의 운전방법을 달리해야 하며, 시설의 운전방법이 건조벼의 품질, 에너지 소비량 및 처리 능력에 상당한 영향을 준다.

원형철제빈은 벼를 장기 저장한다. 저장벼는 자체의 호흡, 저장고 내외의 환경조건에 따라서 곡온과 함수율이 변한다. 저장벼의 품질손상은 불균일한 곡온분포와 국부적인 고온지점이 발생하기 때문이다. 불균일한 곡온분포는 수분이 이동하는 원인이 되며, 이동한 수분은 한곳에 축적되어 곡물의 품질손상을 일으킨다. 저장중인 벼의 품질손상을 방지하기 위하여 곡온과 외기조건에 따라서 적절한 통풍(aeration)이 필요하다. 통풍방법은 곡물의 상태를 감

<sup>†</sup> 본 연구는 1999년도 농림 기술개발사업의 연구비 지원에 의해 수행되었음

\* 성균관대학교 생명공학부 바이오메카트로닉스 전공

지하고 외기조건을 판단하여 수행되어야 한다.

RPC에 5 ~ 10기 설치되어 있는 원형철제빈을 수동조작하여 효율적으로 개별 운전하기란 거의 불가능하다. 따라서, 상온통풍건조시설의 운전자동화가 절실히 필요하다.

## 2. 장치의 제어

### 가. 기본 제어

그림 1은 건조저장시설 자동관리 시스템의 기본구성을 나타낸 것이다. 자동관리 장치는 상온통풍건조의 자동모드, 저장비의 자동모드 및 수동모드 3개의 모드로 구성하였다. 상온통풍건조 자동모드는 외기습도의 조건에 따라 송풍기를 자동 제어하도록 하였으며, 저장 자동모드는 빈내의 곡온의 상황을 분석하여 이상 징후 시 송풍기를 자동 제어하도록 구성하였다. 수동모드는 사용자가 임의로 송풍기, 히터 및 교반기 등 단위기계를 작동할 수 있도록 구성하였다.

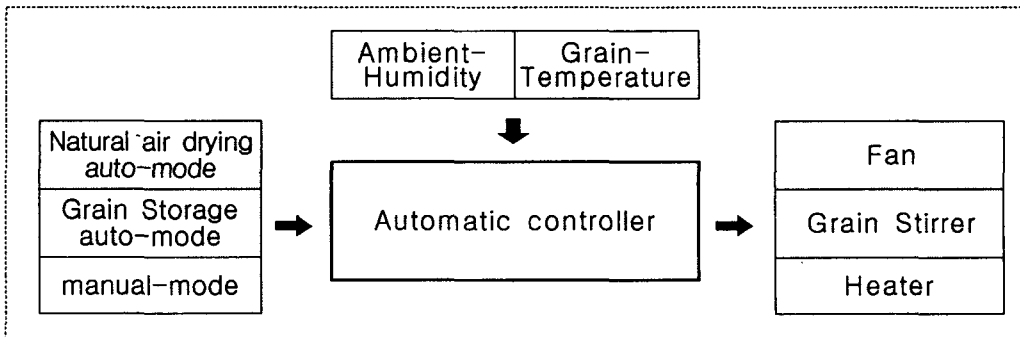


Fig. 1 Basic concept of an automatic controller.

### 나. 상온통풍건조 제어

상온통풍건조시 자동모드는 외기상대습도를 입력받아 송풍기 및 히터 자동으로 제어를 하게된다. 수동모드에서는 각 단위기계를 사용자의 판단에 의해서 제어한다.

상온통풍건조자동모드에서는 송풍기 및 히터를 제어한다. 송풍기제어의 기본개념은 그림 2-(a)와 같다. 송풍기는 초기에 작동상태를 유지한다. 사용자에게 판단에 의해 상대습도의 설정값을 입력한다. 설정상대습도는 측정된 외기습도와 비교하게 되며, 외기습도가 설정상대습도보다 클 경우 송풍기가 정지된다. 외기습도가 설정상대습도보다 작을 경우에는 다시 송풍기가 작동한다. 히터의 제어는 사용자의 판단에 의해 작동여부를 결정하며 송풍기와 연계되어 작동하게 된다.

상온통풍건조수동모드에서는 송풍기, 히터 및 교반기는 사용자의 판단에 의해서 제어된다. 또한 수동모드에는 타이머를 설치하여 사용자 가동시간을 입력하여 송풍기를 시간제어를 할 수 있도록 하였다.

### 다. 저장비의 관리 제어

저장비의 관리 제어 자동모드는 bin내의 곡온을 입력받아 송풍기를 제어하게 된다. 수동모드는 송풍기 및 교반기를 사용자의 판단에 의해 제어한다.

저장자동모드에서는 저장자동모드시 송풍기제어 기본개념은 그림2-(b)와 같다. 초기에 송풍기가 정지상태를 유지한다. 사용자의 판단에 의해 곡온의 설정을 입력한다. 설정곡온은 bin내의 곡온센서에서 입력받은 곡온과 비교하게 된다. 측정된 곡온이 설정곡온보다 클 경우 송풍기가 작동되며, 곡온값이 설정곡온값보다 작을 경우 송풍기는 정지된다.

저장수동모드에서는 송풍기, 히터 및 교반기는 사용자의 판단에 의해서 제어된다. 또한 수동모드에는 타이머를 설치하여 사용자가 가동시간을 입력하여 송풍기를 시간제어를 할 수 있도록 하였다

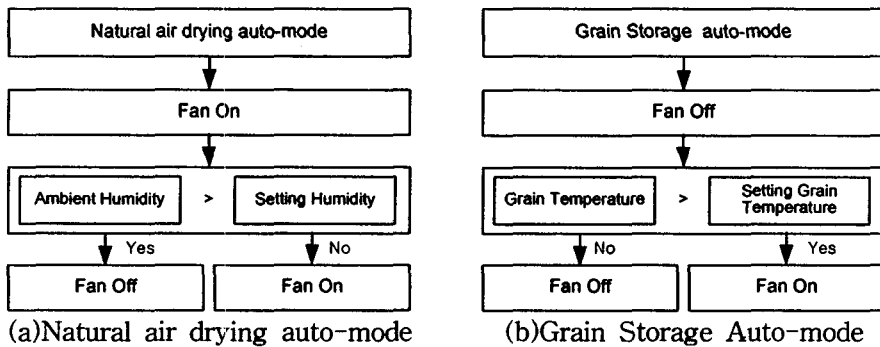


Fig. 2 Basic concept of an automatic fan controller.

## 3. 장치의 구현

### 가. 구동 프로그램

메인프로그램은 PICBASIC(ver 1.0) 언어로 개발하였으며, 자동저장모드, 자동건조모드 및 수동모드 등 3가지 Sub-Program과 곡온 및 외기온·습도 센서로부터 자료를 수집하여 각 모드에 전달해주며, 장치의 전면에 모니터링이 가능한 프로그램을 개발하였다.

모니터링프로그램 그림3과 같은 순서로 수집을 하게 되며, 상온통풍건조에 사용되는 상대습도는 1분 간격으로 5회 즉, 5분 동안 수집하여 평균값을 이용하였다. 상대습도가 불순할 경우 송풍기의 작동에 무리가 갈 수 있으므로 5분의 시간간격을 주도록 하였다. 목표 상대습도는 60 ~ 95% 범위로 제한을 두었으며, 입력값이 이 범위에 만족하지 못할 경우 85%를 default 값으로 대체하도록 프로그램을 개발하였다.

저장에 사용되는 곡온은 5초 간격으로 수집되도록 하였다. 자동관리 장치는 곡온 센서 1

~ 9개를 순차적으로 수집하도록 하였다. 5초간격은 데이터가 이동시 곡온측정이 오버슈트(Overshoot)를 방지하기 위한 것이며, 5초 사이에 가장 마지막 5초가 되는 안정적인 순간에 측정된 데이터를 사용하게 된다. 또한 사용자에게 표시되는 곡온은 벽체에 있는 온도센서 9개, 즉 상, 중, 하 각각 3개 씩 평균을 산출한 후 사용자에게 알려주며, 빈내의 곡온센서 9개의 데이터는 건조저장시설 자동관리 장치에 모두 모니터링 되지 않으나, 시스템 동작 시 전체 자료를 이용하도록 하였다. 곡온데이터는 저장자동모드에서 사용하게 된다. 건조자동모드와 같이 곡온설정이 필요값 범위와 일치하지 않을 경우는 기본값을 15℃로 설정하여 안전성, 사용자의 실수 및 자동관리 장치의 오류를 최소화 시켰다. 또한 히터사용시 송풍기의 가동이 확인이 된 다음에만 히터가 작동하도록 하여 기계적 오류를 사전에 방지하도록 프로그램 하였다.

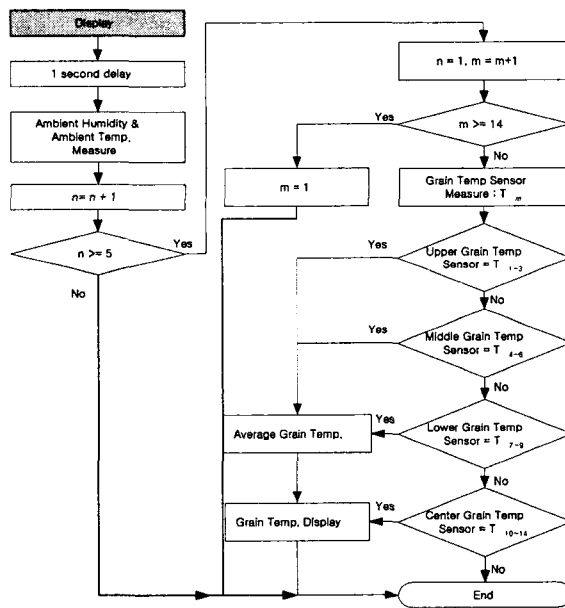


Fig. 3 Flowchart of display program.

건조자동모드 프로그램은 외기습도에 의한 송풍기 자동제어를 기본 방향으로 개발하였으며 목표 습도 입력, 외기습도 수집, 목표 습도 및 외기습도 비교, 송풍기 가동 및 정지가 반복적으로 이루어지도록 개발하였다.

저장자동모드 프로그램 사용자에게 의해 입력된 목표 곡온을 기본으로 송풍기를 자동 제어하도록 개발하였다. 빈내의 곡온센서에서 각각 5초간격으로 수집하여 목표 곡온과 비교하도록 하였다.

이상 곡온 발견시 송풍기 가동 시간을 30분으로 하였으며, 30분 후 빈내의 곡온을 재 수집하도록 하였다. 재 수집한 곡온의 이상 징후가 제거된다면 가동을 중지하고, 반대로 계속적으로 이상 발견시 송풍기 가동 및 사용자에게 위험표시하도록 하였다.

나. 장치의 개발

외기 온·습도와 곡온의 표시는 7-Segment로 표시하여 어두운 곳에서도 쉽게 알아볼 수 있게 하였으며, 소수점 첫째자리까지 표시를 하여 정확한 정보를 사용자에게 알려주도록 하였다.

각 단위기계(송풍기, 히터, 교반기)를 단속하기 위해 모터를 제어할 수 있는 SSR(Solid State Relay) Input DC3~40V와 Output AC 220V 15A를 사용하여 제어를 하도록 하단에 3개를 설치하였다. 또한 케이스는 자동관리장치가 위치한 곳이 먼지와 습도차가 큰 외기에 노출되어 있으므로 방진, 방습등에 강한 재료를 사용하여 완전히 밀폐가 가능한 제품을 선택하여 사용하였으며 전면 패널 조작 및 빈 상태 표시를 잘 볼 수 있도록 투명 커버를 사용하였다.

전면패널은 그림 4와 같이 구성하였으며, 전면 패널은 곡온의 위치를 판단하기 쉽게 사일로 그림을 배경에 삽입하여 초기사용자도 곡온센서의 위치를 쉽게 판단할 수 있게 하였다. 모드선택 스위치는 모드에 해당하는 부분에 LED를 표시하여 조작이 가능한 위치를 지시하므로 초기사용자도 쉽게 판단을 할 수 있게 하였으며 송풍기, 히터, 교반기등 각각의 단위기계는 가동여부를 판단할 수 있게 LED버튼을 사용하여 쉽게 알아볼 수 있도록 하였다.

건조자동모드와 저장자동모드에서 이상외기습도와 이상곡온설정을 입력할 수 있도록 BCD스위치를 설치하여 확인과 동시에 장치내에 입력이 가능하도록 하였다.

타이머는 전면에서 사용자에게 의해 조절이 가능하게 하였으며, 대형 LCD사용하여 쉽게 조작이 가능하므로 초기사용자도 간편한 조작이 가능하다.

또한 사용자가 오작동을 방지하기 위해 각 모드에 해당하는 버튼만 작동이 가능하며 오류가 발생시 사용자에게 즉시 알람을 주도록 하였다. 알람에도 반응이 없을 시에는 시스템을 정지하므로 사용자의 오류를 최소화 시켰다.

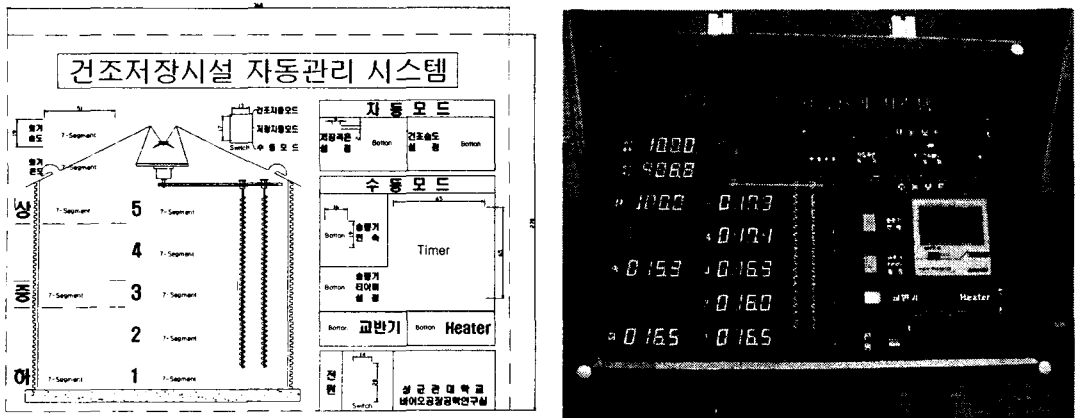


Fig. 4 Picture of automatic controller.

## 4. 요약 및 결론

본 연구는 200 ~ 500톤 규모의 원형철제빈을 이용하여 벼의 상온통풍건조 및 저장 중에 외기조건과 곡온을 이용하여 송풍기, 히터 및 교반기 등 단위기계를 자동화하여 건조저장시설 자동관리시스템을 개발하기 위하여 수행되었다.

본 연구의 결론을 요약하면 다음과 같다.

가. 건조저장 자동관리 시스템은 자동관리 장치 및 자동관리 프로그램으로 구성하였다.

나. 건조저장시설 자동관리 장치의 메인프로그램은 PICBASIC(ver 1.0) 언어로 개발하였으며, 자동저장모드, 자동건조모드 및 수동모드 등 3가지 Sub-Program으로 개발하였다.

다. 건조자동모드는 외기습도에 의한 송풍기 자동제어를 기본 방향으로 개발하였으며 목표 습도 입력, 외기습도 수집, 목표 습도 및 외기습도 비교, 송풍기 가동 및 정지가 반복적으로 이루어지도록 개발하였다.

라. 저장자동모드는 사용자에게 의해 입력된 목표 곡온을 기본으로 송풍기를 자동 제어하도록 개발하였다. 빈내의 곡온은 벽체에 있는 9개로 각각 5초간격으로 수집하도록 개발하였다.

## 5. 참고문헌

1. 금동혁. 1996. 벼의 상온통풍건조. HANDBOOK
2. 고헌균, 금동혁 외 11인. 1995. 미곡종합리장. 문운당
3. Harry B. Pfost.. 1977. Fan Management Systems for Natural-air Drying. ASAE Paper No. 77-3526