

미곡 도정공장의 시뮬레이션과 자동화 (Ⅱ)

- 공정 자동화를 위한 로직 개발 -

Simulation and Automation of a Rice Mill Plant

- Development of Logic for Process Automation -

정종훈 *

정회원

J. H. Chung

염기오 *

정회원

G. O. Youm

1. 서론

현재 전남대 미곡 도정공장을 모델화한 기본모델을 개발하고, 기본모델의 시뮬레이션 결과와 도정실험 결과 분석에서 나타난 문제점을 개선하기 위한 대안모델을 개발해 보고자 하였다. 현 도정공정에서 현재 실현 가능한 최소한의 변화만으로 문제점을 해결하고자한 첫 번째 대안모델과 이 대안 모델을 기초로 센서와 제어기 등을 추가로 설치한 것으로 가정할 두 번째 대안모델 개발을 통해 곡물의 흐름에 있어 곡물의 품질을 고려한 자동화된 도정 시스템을 개발해 보고자 하였다.

2. 대안모델 (Ⅰ)

가. 목적

① 기본모델의 시뮬레이션 결과 분석에서 나타난 문제점 중 색채선별기의 정체를 해소할 수 있는 모델을 개발한다. ② 기본모델의 시뮬레이션 결과 분석에서 나타난 문제점 중 자동운전 시 종료조건이 없는 문제를 해결할 수 있는 모델을 개발한다.

나. 가정

① 색채선별기의 피더의 속도를 하드웨어적으로 증가시킴으로써 현재 시간당 처리능력이 1.5톤인 것을 2톤으로 늘린 것으로 가정한다. ② 현재 주탱크에 설치된 로드셀로부터 신호를 받아 주탱크의 용량에 따른 제어가 가능한 것으로 가정한다. 나머지 가정은 기본모델의 가정과 동일하다.

다. 모델 방법

기본모델에서 변화된 두 가지 조건을 모델하기 위해 기본모델 중 사용자 삽입문에서 색채선별기의 처리능력을 시간당 2톤으로 상향 조절하고, 주탱크의 잔량이 일정 수준 이하가 되면 도정공정에 도정이 끝난 것으로 보고 종료시키는 네트워크 모델을 기본모델의 서브네트워크에 삽입하고 제어조건을 사용자 삽입문에 EVENT 문으로 삽입하였다.

3. 대안모델 (Ⅱ)

가. 목적

① 현미분리기의 정지현상을 해소할 수 있는 모델을 개발한다. ② 주탱크에서 개체의 대기 시간을 감소시키는 모델을 개발한다. ③ 단위기계 보조탱크 게이트의 빈번한 개폐로 인한

* : 전남대학교 농공학과

단위기계의 작동 중지로 쉐미와 동할 발생과 같은 쌀의 품질 손실을 최대한 감소시킬 수 있는 모델을 개발한다. 즉, 쌀의 품질을 고려한 시스템 자동화를 위한 대안모델을 개발한다.

나. 가정

① 하위 레벨러가 부착되지 않은 콤플렉스정미기, 입형정미기 보조탱크와 벼탱크, 현미탱크, 백미탱크 중간 레벨러(medium leveler)와 하위레벨러(low leveler)를 부착한 것으로 가정하고, 기존의 상하위 레벨러의 위치를 적당히 조정한 것으로 가정한다. ② 콤플렉스정미기, 입형정미기와 연미기에 공압 실린더로 구동되는 게이트를 부착해 자동으로 제어할 수 있는 것으로 가정한다. ③ 현미기와 현미분리기의 보조탱크의 크기를 0.5톤으로 상향시킨 것으로 가정한다. 이상의 가정에서 현재 자동화 설비에 추가된 자동화 설비를 비교하면 표 7과 같다.

Table 1 The comparison of equipments attached to tanks for automation among models

A : high leveler B : medium leveler C : low leveler D : air cylinder gate

○ : already attached equipment ● : newly required equipment

Tank	Basic Model				Alter. Model (I)				Alter. Model (II)			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Paddy Tank	○			○	○						●	
General de stoner					○							
Huller	○			○	○		○	○	○	○	●	○
Brown rice separator	○				○		○		○	○	●	●
Thickness grader	○				○				○			
Brown rice tank	○			○	○			○	○		●	○
Complex whitener	○				○					●	●	●
Vertical whitener	○				○					●	●	●
Color sorter	○				○							
Hi brilliant polisher	○				○					●	●	●
Polished rice tank	○			○	○						●	○
Auto vinyl packer	○				○							

다. 대안모델 (II)

제어가 다소 복잡하여 각 탱크 제어에 대한 순서도(flowchart)를 작성하였다. 모델의 기본 개념은 게이트를 열고 닫을 때 전후 단위기계 보조탱크의 용량을 고려해 조건이 만족할 때만 게이트를 열고 닫는 것이다. 조건이 만족하지 않으면 탱크에서 빠져나가는 시간당 개체의 수를 고려해 일정 시간 후 조건을 재확인하게 된다. 그리고 탱크의 잔량이 일정 수준 이하가 될 때만 단위기계 보조탱크 게이트를 닫는 것으로 모델하여 단위기계에 투입되는 곡물의 양을 일정하게 유지하도록 하였다.

4. 시뮬레이션 결과 및 고찰

가. 대안모델 I 결과 및 고찰

색채선별기의 보조탱크를 나타내는 CTANK의 최대 대기 개체 수가 기본모델의 876개에서 대안모델 (I)에서 7개로 정체가 완전히 해소될 수 있음을 알 수 있었다.

표 2에서 알 수 있듯이 기본모델과 대안모델 (I)간의 탈부율, 정백수율, 도정수율, 백미 생산량에는 차이가 크게 나지 않는 것으로 나타났다. 표 3에서 이물질 및 부산물 발생량에 있어 큰 차이가 아니지만 두 모델 결과간에 차이가 있는 것은 이물질 및 부산물 발생량이 확률로써 정해지고 특히 각 탱크에 잔량이 남아 있기 때문으로 판단되었다.

Table 2 The comparison of milling efficient factors between basic model and alternative model I

Model	Polished Rice (kg)	탈부율 (%)	정백수율 (%)	도정수율 (%)
Basic Model	14495	81.1	89.50	73.10
Alternative Model (I)	13995	81.7	89.30	73.00
Difference	500	-0.6	0.20	0.10

Table 3 The comparison of quantity of foreign materials between basic model and alternative model I

Machine/(Material)	Basic Model		Alternative Model 1		Difference
	Total entity 4001	Percent (%)	Total entity 3887	Percent (%)	
General De Stoner/(Stone)	10	0.25	13	0.334	-0.084
Huller/(Husk)	698	17.45	676	17.4	0.05
Thickness Grader/(Unripe Grain)	5	0.15	2	0.05	0.1
De-Stoner/(Stone)	18	0.45	15	0.39	0.06
Whitener/(Bran)	183	4.57	213	5.48	-0.9
Rotary Sifter/(Broken Rice)	107	2.674	94	2.4	0.274
Color Sorter/(Colored Rice)	48	1.2	43	1.11	0.09
Polisher/(Bran)	8	0.12	8	0.21	-0.112
Polished Rice	2899	73.1	2807	73.0	0.1

그리고 기본모델에 비해 대안모델 (I)의 단위기계의 이용률은 크게 증가하였다. 이는 도정시스템의 종료조건 삽입으로 인해 시뮬레이션이 628분에 종료되었기 때문으로 나타났다.

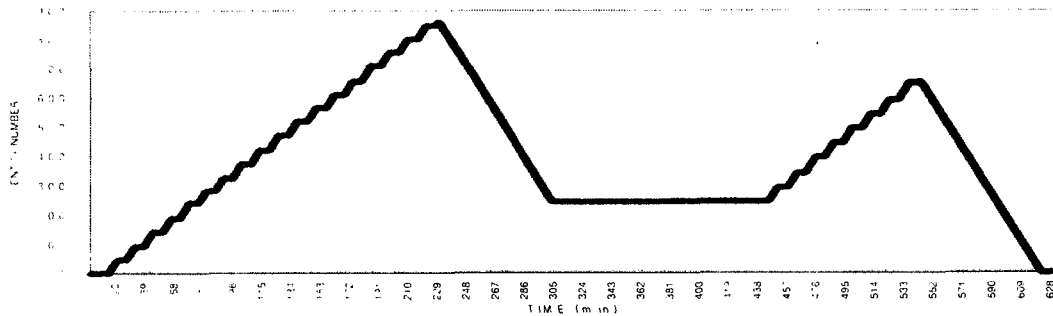


Fig. 1 The entity change of the paddy tank in the alternative model I

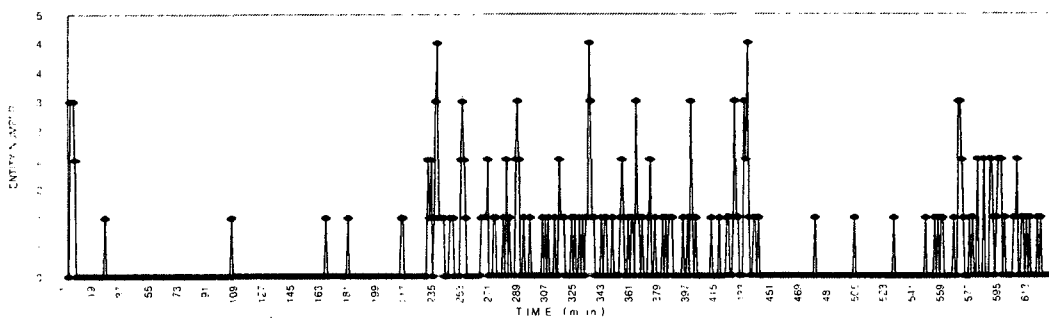


Fig. 2 The entity change of the huller auxiliary tank in the alternative model I

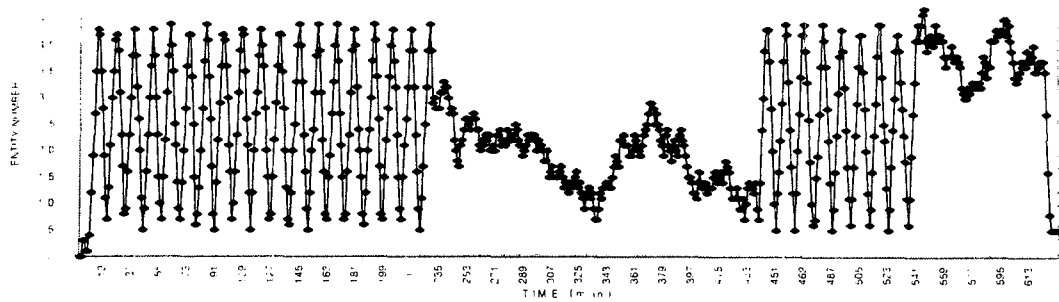


Fig. 3 The entity change of the brown rice separator auxiliary tank in the alternative model I

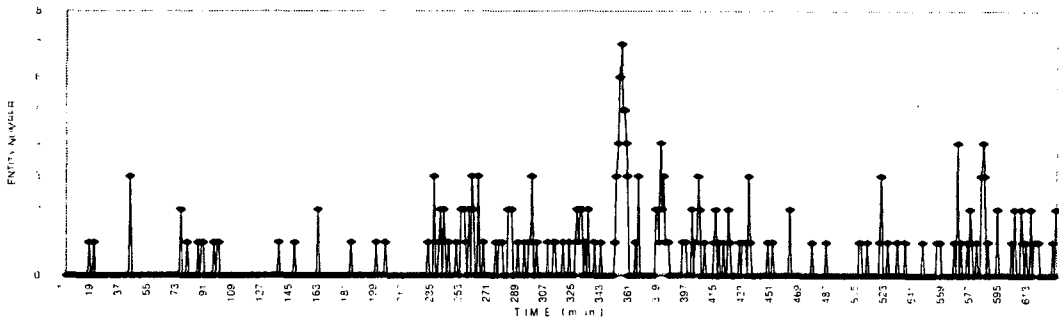


Fig. 4 The entity change of the color sorter auxiliary tank in the alternative model I

그림 1에서 여전히 벼탱크에서 긴 대기시간의 문제와 그림 2,3에서 현미분리기의 정차, 정체 현상 등이 해결되지 않았음을 알 수 있었다. 그림 4에서 색채선별기의 정체현상 해소와 시스템 종료조건 삽입으로 인한 시뮬레이션 시간 단축을 보여주고 있다.

나. 대안모델 (II) 시뮬레이션 결과 및 고찰

기본모델과 대안모델 (II)간의 탈부율, 정백수율, 도정수율, 백미생산량 비교는 표 4와 같다.

Table 4 The comparison of milling efficient factors between basic model and alternative model II

Model	Polished Rice (kg)	탈부율 (%)	정백수율 (%)	도정수율 (%)
Basic Model	14495	81.1	89.5	73.1
Alternative Model (II)	14560	81.1	90.8	73.5
Difference	65	0.0	1.3	0.4

기본모델과 대안모델 (II)간의 이물질 및 부산물 발생량을 비교하였다(표 5). 큰 차이가 아니지만 두 모델간에 차이가 있는 것은 이물질 및 부산물 발생량이 확률로써 정해지고 특히 각 탱크에 잔량이 남아 있기 때문으로 판단되었다. 그림 5에서 벼탱크에서 개체의 대기 시간이 최대 대기개체수가 130개 내외로 현저히 감소하였음을 보여주고 있다. 또한 그림 6~8에서 단위기계 보조탱크 게이트가 2회 즉, 점심 시간과 종료시점에서만 발생하였음을 알 수 있었다. 따라서 단위기계 보조탱크 게이트의 빈번한 개폐로 인한 쇄미와 동할 발생량의 증대와 같은 곡물의 품질 손실을 최대한 억제할 수 있을 것으로 기대되었다.

Table 5 The comparison of quantity of foreign materials between basic model and alternative model II

Machine/(Material)	Basic Model		Alternative Model (II)		Difference
	Total entity 4001	Percent (%)	Total entity 4000	Percent (%)	
General De Stoner/(Stone)	10	0.25	15	0.375	-0.125
Huller/(Husk)	698	17.45	733	18.325	-0.875
Thickness Grader/(Unripe Grain)	5	0.15	8	0.2	-0.05
De Stoner/(Stone)	18	0.45	17	0.425	0.025
Whitener/(Bran)	183	4.57	268	6.7	-2.13
Rotary Sifter/(Broken Rice)	107	2.674	71	1.775	0.899
Color Sorter/(Colored Rice)	48	1.2	6	0.15	1.05
Polisher/(Bran)	8	0.12	9	0.225	-0.105
Polished Rice	2899	73.1	2842	73.5	-0.4

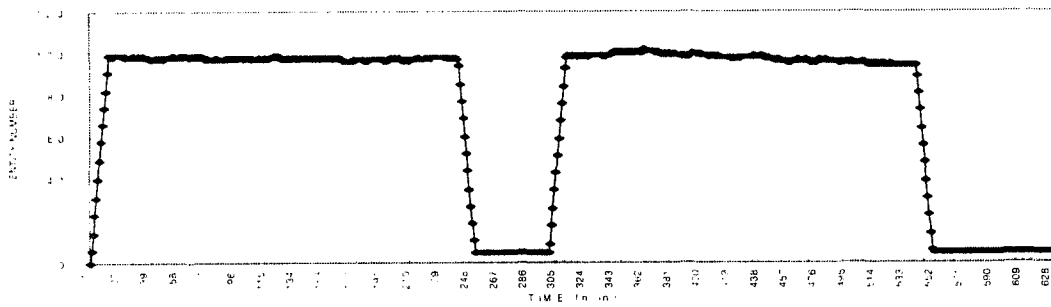


Fig. 5 The entity change of the paddy tank in the alternative model II

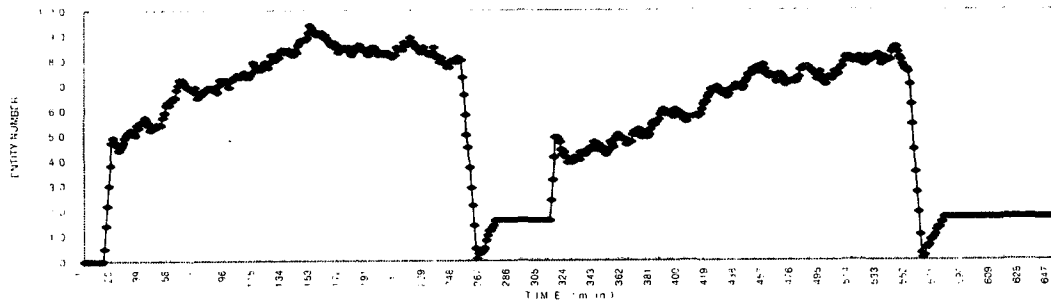


Fig. 6 The entity change of the huller auxiliary tank in the alternative model II

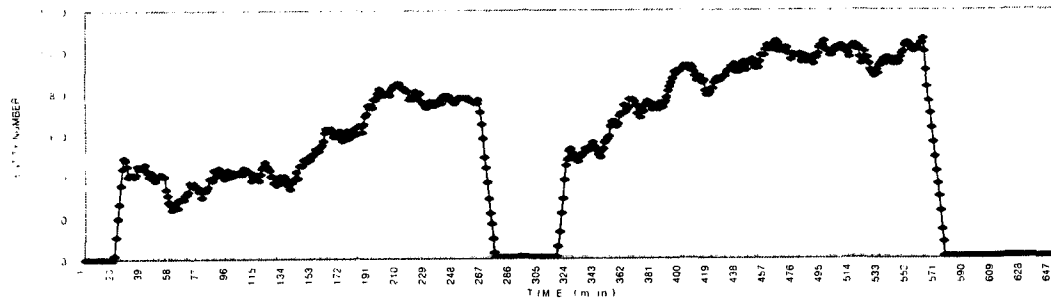


Fig. 7 The entity change of the brown rice separator auxiliary tank in the alternative model II

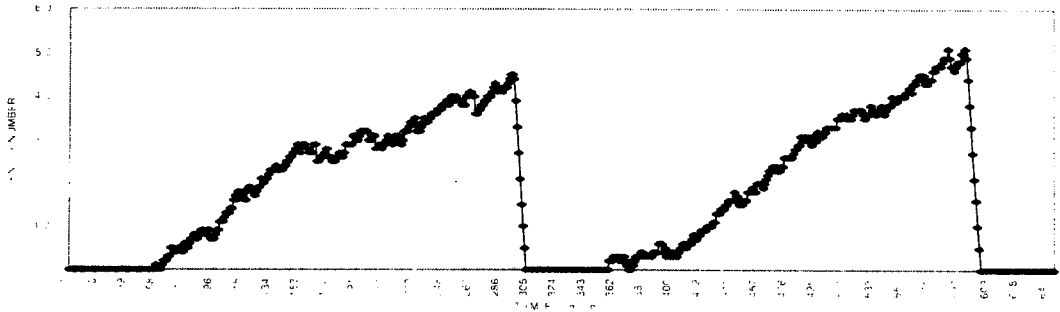


Fig. 8 The entity change of the color sorter auxiliary tank in the alternative model II

5. 결론

본 연구의 결론은 다음과 같다.

1. 전남대 미곡도정공장에 대한 도정실험을 시행하고 실험결과를 시뮬레이션 모델의 기초 자료로 사용하여 기본모델을 개발하였다.
2. 개발된 기본모델의 시뮬레이션 결과와 도정실험의 실험결과 간을 비교 분석하여 기본모델과 실제 도정공장 간에 충분한 유사성이 있음이 검증되었고, 결과 분석에서 현미분리기의 정지현상과 색채선별기의 정체현상, 자동화 시스템의 문제점이 나타났다.
3. 색채선별기의 최대 처리능력이 1.5톤에서 2톤으로 상향시키고 주탱크의 로드셀 신호를 자동화에 이용하여 자동운전 시 도정시스템의 종료조건을 모델한 첫 번째 대안모델 개발을 통해 색채선별기의 정체현상을 해소할 수 있고, 자동운전 시 자동 종료조건을 제시하였다.
4. 두 번째 대안모델을 통해 현미분리기의 정지현상과 단위기계 보조탱크 게이트의 닫히는 회수를 2회로 최소화시킴으로써 원활한 원료의 흐름을 유지하면서 단위기계의 빈번한 정지에 의한 쇄비와 동할미 발생 가능성을 줄일 수 있는 자동화 시스템과 로직을 개발하였다.

참 고 문 헌

1. 고희관, 정종훈, 1991. 농작물의 운송시스템을 위한 SLAM (II) 시뮬레이션 모델 링((I))-운송시스템 모델개발-, 한국농업기계학회지 16(2) : 159-166
2. 정종훈, 라리 알 버어마, 1991. Simulation of rice drying in a bin system with an automatic gas-modulating burner, 한국농업기계학회지 16(2) : 167-177
3. 김보권, 1995. 시뮬레이션에 의한 미곡 도정공장의 적정설계 및 개발, 전남대 석사학위논문
4. 비곡종합처리장 자문단, 1997. 농협비곡종합처리장 설계기준
5. Syed A. Shah, Martin R. Okos, G. V. Reklaitis, 1985. Production shceduling in Food Processing Plants, Transaction of the ASAE 28(6) : 2078-2082
6. William T. Proctor P.E, Toni M. arms, 1996. Food processing automation IV : 339-347
7. Pritisker A. Alan B., 1986. Introduction to Simulation and SLAM (II), Third Edition, A Halsted Press Book, John Wiley & Sons