

이행(二行)구조의 FMS를 위한 운영소프트웨어 개발

김남기·한현석·강경철·이종국 (두산인프라코어(주))

I. 서론

FMS(Flexible Manufacturing System)는 주문생산 시스템의 유연성과 흐름생산 시스템의 생산성을 동시에 구현하기 위한 자동화된 제조 시스템이다. FMS는 제품의 수명이 짧아지고, 제조기술이 다양해지며, 시장의 환경 변화를 예측하기 힘들어지는 생산 환경의 불확실성을 효율적으로 대처할 수 있는 핵심요소로 인식되어져 왔다^[1,2].

여기서는 두 개의 라인으로 구성되어 있지만 물류 흐름은 하나로 연결되어 있는 FMS를 이행(二行)구조의 FMS라고 한다. 이행(二行)구조의 FMS는 라인을 연장할 수 있는 구조이기 때문에 생산량 증가에 대응하기 용이하며, 두 라인을 행으로 배치하기 때문에 공간의 활용도가 높다. 그리고 두 라인의 물류 흐름이 연결되어 있기 때문에 한 곳에서 하나의 컨트롤러(controller)를 사용하여 다량의 물류를 제어할 수 있다는 장점이 있다.

하지만 이행(二行)구조의 FMS는 일자(一字)구조의 FMS에 비하여 시스템의 구조가 복잡하고, 특정 자원에 대한 의존도가 높은 등 물류의 제어가 쉽지 않다. 그렇기 때문에 물류의 흐름이 원활하게 이루어질 수 있도록 시스템의 자원을 균형 있게 배분하고, 이 자원들을 효율적으로 이용할 수 있도록 잡 디스패칭(job dispatching)을 설계하는 것이 중요하다. 잡 디스패칭(job dispatching)은 제어용 스케줄러^[3]라고도 하며 공정 내에서 물류의 흐름이 효율적으로 이루어질 수 있도록 물류 상태, 작업우선도 등의 정보를 고려하여 팔레트의 장비 투입 순서, 배출 순서 등을 자동으로 결정하고, AGV(Auto Guidance Vehicle)에게 작업을 지시하여 팔레트가 이송되도록 한다.

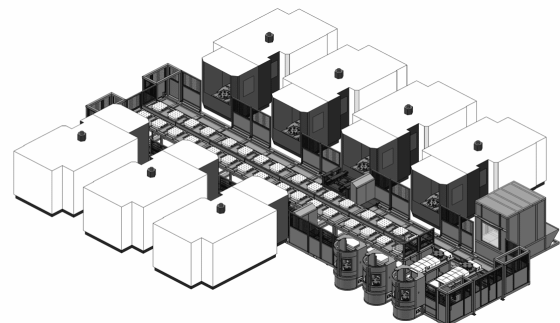
본 논문에서는 실제 산업현장에 적용되고 있는, 이행(二行)

구조의 FMS를 효율적으로 운영할 수 있고 확장성을 가지고 있는 잡 디스패칭 및 운영소프트웨어의 개발에 대해서 설명한다.

II. 시스템 개요

1. 시스템의 기구부 구성

본 개발에 적용된 시스템은 1개의 팔레트 대기 APC(auto pallet change)를 가지는 MC(machining center) 7 대, 자동으로 가공물을 세척하는 washing machine 1 대, 워크의 입고 및 배출이 이루어지는 setup station 3개 그리고 워크를 저장해 두는 pallet stocker 32개로 구성되어 있다(그림 1). 팔레트를 이송하는 RGV(Rail Guidance Vehicle)는 두 개의 라인에 각각 위치하며, 두 라인 사이에서 팔레트가 이송될 수 있도록 라인의 끝에 2개의 팔레트 컨베이어(pallet conveyor)를 보유하고 있다. 본 시스템은 MC 및 washing machine, setup station 등을 필요시에 추가하여 라인을 연장할 수 있

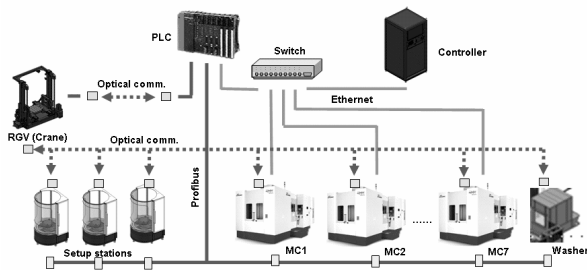


〈그림 1〉 이행(二行)구조를 가진 본 FMS의 3차원 투시도

는 구조로 설계됨으로서 생산량 증가에 대응할 수 있도록 되어 있다.

2. 시스템의 통신 개요

본 시스템은 APC, washer, setup, stocker, conveyor 등의 스테이션(station), 스테이션 사이에서 팔레트를 이송하는 RGV, 시스템의 상태를 모니터링하고 정보 전달 역할을 하는 PLC(Programmable Logic Controller), 전체 시스템을 제어하는 명령권을 가진 운영소프트웨어가 내장된 컨트롤러로 구성되어 있다(그림 2). PLC는 각 스테이션 및 팔레트 상태를 모니터링하고, 그 정보를 컨트롤러(controller)에 전송한다. 그리고 컨트롤러로부터 받은 팔레트의 이송 명령을 RGV에 전달하는 역할을 한다. 컨트롤러는 PLC로부터 받은 정보를 기반으로 잡 디스패칭을 수행하여 팔레트의 이송을 지시하거나 필요에 따라 가공 프로그램, 작업자의 조작에 의한 제어 신호 등의 정보를 PLC에 전송한다. 그리고 MC와는 이더넷으로 연결되어 각 MC의 상태를 원격으로 모니터링 할 수 있도록 되어 있다. RGV는 PLC와 광통신(optical communication)을 통해서 자신의 위치 및 상태 정보를 전송하고, 팔레트 이송명령을 수행한다.



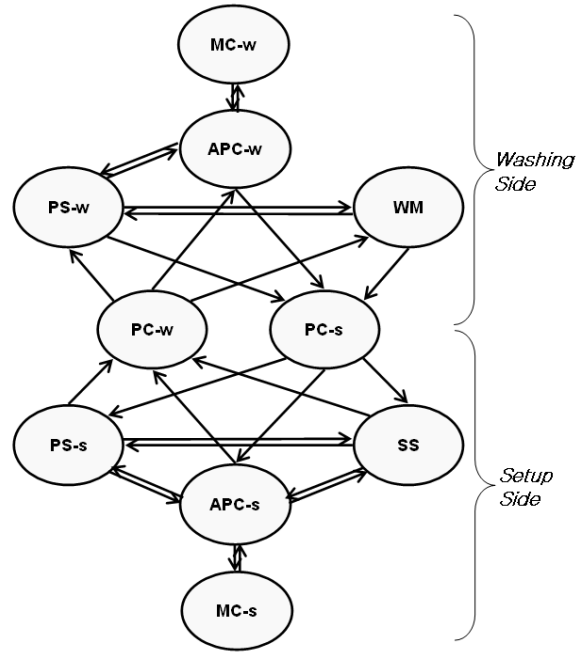
〈그림 2〉 본 FMS의 통신 구성도

III. Job Dispatching

관련 요소 간의 특성을 고려하여 시스템을 간략히 모델화 하고, 실제 생산현장에서 적용될 수 있는 제약 사항 및 가정을 정의함으로써, 다소 복잡성을 갖는 이형(二行)구조의 FMS를 운영할 수 있는 디스패칭 룰을 효율적으로 설계할 수 있다.

본 개발에서는 두 개의 RGV를 가지는 라인을 각각 setup side와 washing side로 구분하고 〈그림 3〉과 같이 모델링하였다. 여기서 각 스테이션의 심볼은 〈표 1〉과 같이 정의하였다.

생산 현장에서 FMS가 효율적으로 운영되고 적용될 수 있도록 여러 관련 요소들을 고려하여 아래와 같은 몇 가지 제약



〈그림 3〉 스테이션 간 팔레트 흐름도

〈표 1〉 스테이션의 심볼 정의

	Setup side	Washing side
Setup station	SS	-
Washing machine	-	WM
APC	APC-s	APC-w
Pallet stoker	PS-s	PS-w
Pallet conveyor	PC-s	PC-w

사항을 두었다.

- 팔레트에는 1개의 파트만 올릴 수 있다.
- 파트와 가공 프로그램은 1:1 대응한다.
- 팔레트는 정해진 위치에만 놓일 수 있는 고정방식이다.
- 팔레트가 셋업으로 입력되어 MC, WM을 2번 이상 경유할 수 있는 다공정을 지원한다.
- 다공정에서 팔레트는 APC 또는 WM 간 직접이동은 없으며, PS를 경유하여 이동한다.
- PC-w는 washing side 방향으로, PC-s는 setup side 방향으로, 한 방향으로만 팔레트를 이송한다.

그리고 팔레트 및 스테이션의 상태는 아래와 같이 정의하였다.

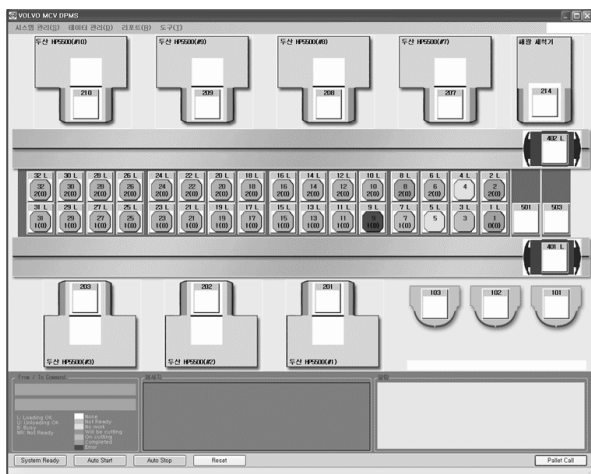
- 팔레트의 상태는 Only pallet, No work, No data, Will be cutting, On cutting, Completed, Error로 구분한다.
- 스테이션의 상태는 Not ready, From ready, To ready, Busy, Disable로 구분한다.

이와 같이 시스템의 제약 및 가정을 반영하고 시스템의 스테이션을 간략히 모델링함으로써 각 스테이션 간의 팔레트의 흐름은 (그림 3)과 같이 나타낼 수 있다. 화살표의 방향은 팔레트의 이동이 가능함을 의미한다. 본 시스템에서는 팔레트의 흐름을 기반으로 스테이션 상태, 팔레트 상태, 작업 우선도, 작업자 설정 등의 조건을 고려하여 각 스테이션 간 이송 여부를 판단할 수 있도록 디스패칭 룰을 설계하고 이를 바탕으로 잡 디스패칭을 수행한다. 디스패칭은 파트의 셋업시간, 가공시간, 세척시간, 공정수의 수 등 다양한 환경 변수에 따라 다른 결과를 가져오기 때문에 디스패칭 룰의 객체를 모듈화하여 구현함으로써, 각 객체 간 판단 순서의 재배열이 용이하도록 설계하여 필요에 따라 디스패칭 룰을 손쉽게 수정하여 적용할 수 있도록 하였다. 또한, 현장의 시스템에 디스패칭 룰을 적용하여 최적의 물류 흐름을 구하기에는 현실적으로 우리가 따르기 때문에 잡 디스패칭 결과를 시뮬레이션 하기 위한 시뮬레이터를 개발하고 이를 이용하여 최적의 디스패칭 룰을 구현하였다.

IV. 운영소프트웨어

운영소프트웨어는 Net Framework 환경에서 개발되었다. 데이터의 신뢰성 확보를 위해 처리되는 데이터들은 데이터베이스를 기반으로 설계하고, 화면 및 기능들은 확장성을 고려하여 컴포넌트 기반으로 설계하였다.

운영소프트웨어는 메인화면, 보조화면, 설정화면으로 구분된다. 메인화면에서는 스테이션 상태, 팔레트 번호, 팔레트 상태, 소재 번호, 남은 공정수 등의 자주 확인하는 정보를 심볼 및 색상을 이용하여 가시성 높게 설계함으로써 물류흐름을 한 눈에 확인할 수 있도록 하였다(그림 4). 보조화면에서



〈그림 4〉 운영소프트웨어 메인화면

ID	공정	작업명	공정명	공정	작업명	공정명	소재명	1	2	3	4	소재명	1	2
1	LoadingQC	1	Completed	1	1	2	원	00001				12/17 17:35	01/01 01:01	
2	LoadingQC	2	Completed	1	1	2	원	00001				12/17 17:35	12/08 11:43	
3	LoadingQC	3	RawWork	1	1	1	Mash Co.	00011				12/17 17:35	01/01 01:01	
4	LoadingQC	4	RawWork	1	1	2	원	00001				12/09 14:54	12/09 14:54	
5	LoadingQC	5	RawWork	1	1	1	Mash Co.	00011				12/17 17:35	01/01 01:01	
6	LoadingQC	6	WithCutting	1	1	2	원	00001				12/17 17:35	01/01 01:01	
7	LoadingQC	7	WithCutting	1	1	1	Mash Co.	00011				12/08 18:10	12/08 00:00	
8	LoadingQC	8	Completed	1	1	2	원	00001				12/08 18:10	01/01 01:01	
9	LoadingQC	9	WithCutting	1	1	1	Mash Co.	00011				12/17 17:35	01/01 01:01	
10	LoadingQC	10	WithCutting	1	1	2	원	00001				12/17 17:35	01/01 01:01	
11	LoadingQC	11	WithCutting	1	1	1	Mash Co.	00011				12/08 18:10	12/08 00:00	
12	LoadingQC	12	WithCutting	1	1	2	원	00001				12/09 14:54	12/09 14:54	
13	LoadingQC	13	WithCutting	1	1	1	Mash Co.	00011				12/08 18:10	12/08 00:00	
14	LoadingQC	14	WithCutting	1	1	2	원	00001				12/17 17:35	12/08 11:43	
15	LoadingQC	15	WithCutting	1	1	1	Mash Co.	00011				12/08 18:10	12/08 00:00	
16	LoadingQC	16	WithCutting	1	1	2	원	00001				12/17 17:35	01/01 01:01	
17	LoadingQC	17	WithCutting	1	1	1	Mash Co.	00011				12/17 17:35	01/01 01:01	
18	LoadingQC	18	WithCutting	1	1	2	원	00001				12/09 14:54	12/09 14:54	
19	LoadingQC	19	WithCutting	1	1	1	Mash Co.	00011				12/08 18:10	12/08 11:43	
20	LoadingQC	20	WithCutting	1	1	2	원	00001				12/08 18:10	01/01 01:01	
21	LoadingQC	21	WithCutting	1	1	1	Mash Co.	00011				12/08 18:10	12/08 11:43	
22	LoadingQC	22	WithCutting	1	1	2	원	00001				12/17 17:35	01/01 01:01	
23	LoadingQC	23	WithCutting	1	1	1	Mash Co.	00011				12/17 17:35	01/01 01:01	
24	LoadingQC	24	WithCutting	1	1	2	원	00001				12/08 18:10	01/01 01:01	
25	LoadingQC	25	WithCutting	1	1	1	Mash Co.	00011				12/08 18:10	01/01 01:01	
26	LoadingQC	26	WithCutting	1	1	2	원	00001				12/08 18:10	01/01 01:01	
27	LoadingQC	27	WithCutting	1	1	1	Mash Co.	00011				12/09 14:54	12/09 14:54	
28	LoadingQC	28	WithCutting	1	1	2	원	00001				12/17 17:35	01/01 01:01	
29	LoadingQC	29	WithCutting	1	1	1	Mash Co.	00011				12/17 17:35	01/01 01:01	
30	LoadingQC	30	WithCutting	1	1	2	원	00001				12/17 17:35	01/01 01:01	
31	LoadingQC	31	WithCutting	1	1	1	Mash Co.	00011				12/17 17:35	01/01 01:01	
32	LoadingQC	32	WithCutting	1	1	2	원	00001				12/17 17:35	01/01 01:01	
100	UnloadingQC											12/17 17:35		
101	UnloadingQC											12/08 18:10		
200	UnloadingQC											12/09 14:54		
300	UnloadingQC											12/08 18:10		

〈그림 5〉 운영소프트웨어 보조화면



〈그림 6〉 운영소프트웨어 설정화면: MC당 팔레트 지정(좌상), 소재등록(우상), 팔레트당 소재 지정(좌하), MC별 가공프로그램 등록(우하)

는 통해 소재정보, 공정정보, 팔레트 상태 변경시간 등 메인 화면에서 확인하지 못한 다양한 정보를 리스트로 확인할 수 있다(그림 5). 설정화면에서는 MC당 팔레트 지정, 소재 등록, 팔레트당 소재 지정, MC별 가공프로그램 등록 등의 컴포넌트를 통해서 다공정, 다품종 생산에 효율적으로 대응할 수 있도록 하였다(그림 6). 이 외에도 소재별 셋업 스테이션 지정, 장비별 공구수명 조회, last pallet 배출 설정 등 현장에서 필요로 하는 기능들을 포함하였다.

V. 결론

2010년 개발되어 산업 현장에 적용 중인 이행(二行)구조의 FMS를 효율적으로 운영할 수 있는 잡 디스패칭 및 운영소프트웨어의 개발에 대하여 설명하였다. 이는 이행(二行)구조의 FMS에서 다공정 물류 흐름을 원활하게 제어할 수 있으며, 생산량 변화에 따른 하드웨어 확장에도 유연하게 대응할 수 있도록 개발되었다.

이를 기반으로 하드웨어의 변화에 최적의 유연 생산성을 확보할 수 있는 재구성형 모듈러 시스템의 개발이 진행 중이며, 여측 생산을 지원하기 위한 스케줄링, 웹 기반으로 장비의 상태를 모니터링 하기 위한 공구관리 및 프로그램 관



리, MES(Manu facturing Execution System)와의 연계 시스템 등을 개발하여 산업 현장에 적용할 예정이다.

참고문헌

- [1] Stecke, K.E. and Raman N., 1994, FMS planning decisions, operating flexibilities, and system performance, IEEE transactions on engineering management, 42(1), 82-90.
- [2] Liu, J. and Maccarthy, B. L., 1996, The classification of FMS scheduling problems, INT. J. PROD. RES., 34(3), 647-656.
- [3] 니시오카야스유키, 생산 스케줄링의 최신 동향, 기술 정보 기계기술 Vol.30 No.10 pp.58-63, 2003.10.
- [4] Kim, Y.K, Kim, S.J. and Kim, J.Y., 2000, Balancing and sequencing mixed model U-lines with a coevolutionary algorithm, Production Planning & Control, 11(8), 754-764.



강 경 철

1990년 2월 경북대학교 전자공학과 학사.
1990년 1월~현재 두산인프라코어 공기자동화BG.



이 종 국

1985년 2월 경북대학교 전자공학과 학사.
1985년 2월~현재 두산인프라코어 공기자동화BG.



김 남 기

2000년 2월 경북대학교 전자전기공학부 학사.
2002년 2월 경북대학교 전자공학과 석사.
2004년 5월~현재 두산인프라코어(주) 공기자동화BG.
(관심분야) 공작기계 자동화 소프트웨어 개발, CNC 응용 소프트웨어 개발



한 현 석

2007년 2월 인제대학교 컴퓨터공학과 학사.
2009년 2월 부산대학교 컴퓨터공학과 석사.
2009년 7월~현재 (주)두산인프라코어 공기자동화BG.