

# Holonic Manufacturing 개념하의 자주·협동적인 시스템

## An autonomous cooperative System under the concept of Holonic Manufacturing

박 홍 석  
울산대학교 기계공학과

### ABSTRACT

A mass production system was implemented to reduce a manufacturing cost in a way of copying with a strong world market competition. However customer's demands are changing so rapidly and the mass production system is no longer competitive to meet the demands. FMS (Flexible Manufacturing System) has been introduced as a replacement for the mass production system, but it still does not meet system's requirements. A new manufacturing system, called a holonic manufacturing system(HMS), is emerging. In this paper it is introduced an autonomous cooperative system under the concept of HMS.

### 1. 서론

기업의 특성에 꼭 맞는 생산체제를 유도해내는 법칙이 없다는 것은 확실하다. 기업의 생산방식은 주어진 조건을 충족시키면서 각자의 특성에 맞게 구하여지고, 외적 환경에 잘 적응해야만 한다. 오늘날의 복잡한 상황과 빠르게 변하는 주위환경 때문에 우리는 최적화의 과정과 불합리한 점과의 투쟁에서 결코 벗어날 수 없다. 이것은 항상성에 대한 지속적인 노력이 요구된다는 것을 의미한다<sup>1) 2)</sup>.

생산 구조는 가치 창조를 위한 전개 과정에서 인적, 조직적, 기술적 및 정보적 상호연관성을 기술한다. 제조는 제어된 에너지를 수단으로 정보를 물질화 시키는 것이라고 생각할 수 있다. 이것으로 보아 향후 생산시스템에서 정보처리의 비중이 점점 더 증대될 것이다. 그러므로 생산의 합리화를 위해서 우리는 가능한 정보처리량을 줄여야 한다<sup>3) 4)</sup>. 이에 대처할 수 있는 생산구조로는 적당한 정보교환 수단에 의해 연결된 자주적인 단위들의 결합으로 이루어질 것이다. 또한 이들의 협동적인 작용으로 기업의 환경변화에 스스로 적응하는 동적인 시스템이 될 수 있다.

이 새로운 개념의 바탕 위에서 조립을 위해 구상되어진 자주적이며 협동적인 시스템을 개발하고자 한다. 이를 통해서 시스템내의 정보흐름과 제어를 위한 구성 등을 보인다.

### 2. 제어구조

HMS 시스템의 제어는 내적으로 주어지거나 고정된

것이 아니다. 외적변화, 즉 주어진 과제에 적응해야 한다. 또한 최적화의 과정도 고정된 Algorithm에 의해 행해지는 것이 아니다. 이로서 과제나 장치의 변화에도 Program의 기본 구성은 직접 큰 영향을 받지 않게된다. 이러한 연구에 응하기 위해서 정보처리와 제어를 주관하는 독립적인 운영단위가 개발되어야 한다.

이를 위해서 여러 가지 기능을 담당하는 모듈로 구성된 단위를 고안하여 그림 1에 나타내었다. 각 모듈은 독립적으로 임무를 수행하도록 하였다.

공정관리 모듈은 과제접수, 실행야 할 과제를 선택, 수행을 위한 정리 및 과제의 실행 여부 등을 관리한다. 공정의 최적 수행을 위한 계획은 공정계획 모듈에서 담당한다. 시스템의 실제상태와 실행할 다음 단계를 비교하여 가능한 해에서 평가기준에 따라 최적의 해가 선정되어 실행되도록 한다.

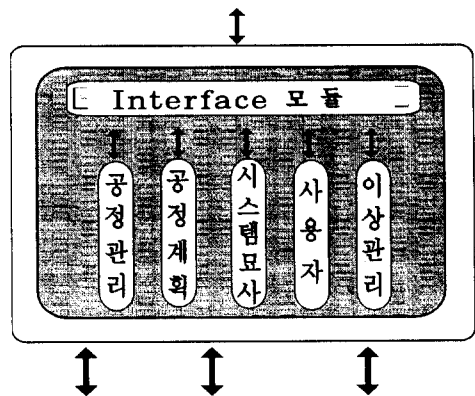


Fig. 1 Control unit of an assembly System

시스템 묘사에서는 시스템내의 구성요소를 그래픽으로 나타내어 동작상태와 불합리한 점이 바로 인식되도록 한다. 그 밖에도 이를 통해서 중요한 정보(현 수행과제, 재고상태등)를 모듈 창을 통해서 얻을 수 있게 하고, 셀내의 특정부분도 자세하게 관찰될 수 있도록 한다. 사용자는 이를 통해서 전체에 대한 상호 연관성이나 필요에 따라 부분적인 상세 정보를 얻어 시스템에 영향을 주어 최적화를 추구할 수 있다. 이상관리 모듈은 Sensor나 Actuator를 통해서 각 기기의 상태나 공정상의 문제점을 파악하여 필요시 Interface 모듈을 통해 다른 cell에 협조를 구한다. 또한 고장 이력 상태를 관리하여 저장하고 반복고장일 경우에는 동일한 조치를 취하도록 한다. 위의 각 모듈들은 Interface 모듈을 통해 상호 연결되어 협동적으로 일하여 주어진 과제를 성공적으로 수행하게 한다.

위에 소개된 전 Module을 개발하여 완전한 HMS를 구축하는 것은 쉽지 않다. 각 Holon들은 끊임없이 현상태를 파악하고 공동의 목표를 추구하므로 HMS는 무엇보다 협동적인 성격을 강하게 요구한다. 이에 따라 아래에 위 모듈들 중에서 공정상의 문제점을 상호 협력으로 해결하는 이상관리 모듈의 개발에 중점을 두고자 한다.

### 3. 시스템 응용

HMS의 개념을 차체에 타이어 조립을 위한 조립 셀의 구축을 통해서 응용하고자 한다. 두 개의 조립셀로 구성된 시스템에서 두 로봇이 각 셀에서 주어진 과제에 따라 작업을 수행하면서 문제 발생시에 상호 정보 교환을 통해 협동적으로 작용하여 스스로 해를 구하는 자주협동적인 시스템을 구성하고자 한다.

#### 3.1 시스템의 구조

시스템의 특정부분을 각 운영단위가 관리하는 자주협동적인 시스템의 구현을 위한 전체 제어 구성을 그림 2에 나타내었다.

두 조립셀은 각각 하나의 셀 컴퓨터에 의해 독립적으로 제어되고, 상위 층의 컴퓨터에 연결되어 있다. 각 컴퓨터에는 그림 1에 소개된 운영단위가 사용된다. 상위 층과의 관계에서도 각 조립셀의 운영단위가 종속적이라기 보다는 협조 체제를 이룬다. 상위 층의 지시는 하나의 참고 사항으로 인정되어, 셀의 현상태에 따라서 지시 사항이 보완된다. 그리고 그것은 상위 층에 연락되어, 협의를 통하여 공정수행에 차질 없는 계획이 되도록 한다. 전 System의 제어는 PC에 의해 구현되어질 수 있다.

컴퓨터 Network은 Ethernet등이 이용되어지며 통신은 TCP/IP 등을 통해 가능하다.

이런 방법으로 실지 기기를 연결하여 조립 시스템을 구성할 수 있으나 많은 경비를 고려하여 본 연구에서는 그림 3과 같은 실험환경을 구축하여 협동적인 측면을 강조한 시스템이 되도록 하였다.

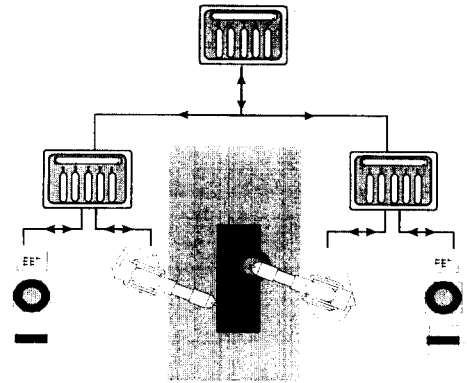


Fig. 2 Control architecture for an autonomous cooperative System

각 조립셀은 각각의 Controller에 의해 동시에 독립적으로 운영된다. 제어를 위한 PC간의 연결은 시리얼 접속으로 RS-232C를 이용하여 이루어졌다. 시스템의 Hardware 부분은 시뮬레이션 프로그램을 개발하여 모델화하였다. 이것은 시스템 묘사 모듈의 기능을 일부분 담당하는 시스템 주변환경 모델이 될 수 있다.

이로부터 로봇 프로그램에 필요한 전 기술적인 데이터를 얻을 수 있다. 또한 작성된 프로그램의 시험과 로봇 경로 계획 등에 이용될 수 있다.

그 외에 시스템 운영을 위해 요구되는 공정계획 및 관리 모듈이 담당할 조립계획과 작업관리등은 Database 형태로 구축되어 제공되도록 하였다.

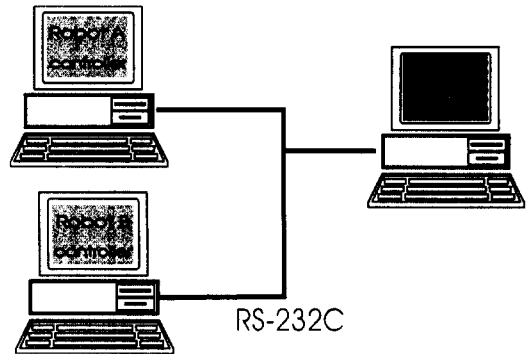


Fig. 3 A Model of the cooperative System

#### 3.2 정보흐름 및 처리

각 Controller와 Simulation된 기기들과의 정보교환은 메시지에 의해 이루어진다. 한 메시지는 어떤 사건, 예를 들면 실행명령, 이상감지, 완료명령 등의 기술로 구성된다. 표 1에 Program간에 전송되는 메시지를 문자로 표시하여 나타내었다.

전송되는 Message			
ROBOT_1		ROBOT_2	
A	타이어 조립 수행	B	타이어 조립 수행
C	타이어 인식 불가	D	타이어 인식 불가
E	나사 인식 불가	F	나사 인식 불가
G	조립 정상 완료	H	조립 정상 완료
I	타이어 원조 완료	J	타이어 원조 완료
K	나사 원조 완료	L	나사 원조 완료
M	타이어 원조 요구	N	타이어 원조 요구
O	나사 원조 요구	P	나사 원조 요구
Q	타이어 원조 불가	R	타이어 원조 불가
S	나사 원조 불가	T	나사 원조 불가
U	로봇 2에게 타이어 전달	V	로봇 1에게 타이어 전달
W	로봇 2에게 타사 전달	X	로봇 1에게 타사 전달
Y	나사 조립 수행중	Z	나사 조립 수행중

표. 1 시스템 제어를 위한 메시지 종류들

센서 기능으로 이상감지를 위한 메시지는 우선 두 종류로 제한하였다. 시스템의 운전중 나타날 수 있는 오류로는 타이어나 나사의 비존재이다. 이의 해결을 위해 협동적인 작업이 수행되어진다. 타이어가 존재치 않는 경우에 대한 협동적인 작업을 위한 정보교환흐름 즉 통신 절차를 그림 4에 나타내었다.

시스템은 메시지에 따라 작동하므로 각 Controller는 작동중 항상 메시지를 받을 수 있도록 수신이 가능한 대기상태에 있어야 한다. 조립 실행 명령이 A, B에따라 로봇이 작업을 수행하며, 이상시 Program에 주어진 센서기능으로 감지하여 Controller에게 error메시지, 예를 들면 타이어 인식불가(C)를 전송하고 Home position에서 대기한다. 메시지를 접수한 Controller는 중단된 작업내용을 기억하고 상대방에 메시지 N으로 협조를 구한다. 이에 따라 상대 Controller는 현재 진행중인 작업을 완료하고 그 상태를 기억한 후 로봇에게 원조 지시(V)를 내린다. 원조 완료 후 로봇은 각 Controller에게 완료 메시지(J)를 전송하면, Controller는 중단된 작업내용을 파악하여 그 곳에서 부터 작업을 진행시킨다.

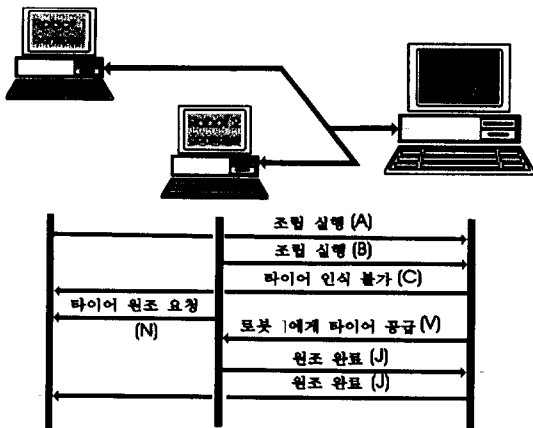


Fig. 4 Communication procedure for a cooperative Working

간단한 통신을 위해 메시지를 대표하는 문자를 사용하였으나 실제 현장의 많은 기기 들과 정보교환을 위해서는 통신 Protocol에 의존해야 한다는 것이 바람직하다. 협동을 위한 통신과정의 기초 위에서 개발된 Controller Program의 작업방법을 그림 5에 소개하였다.

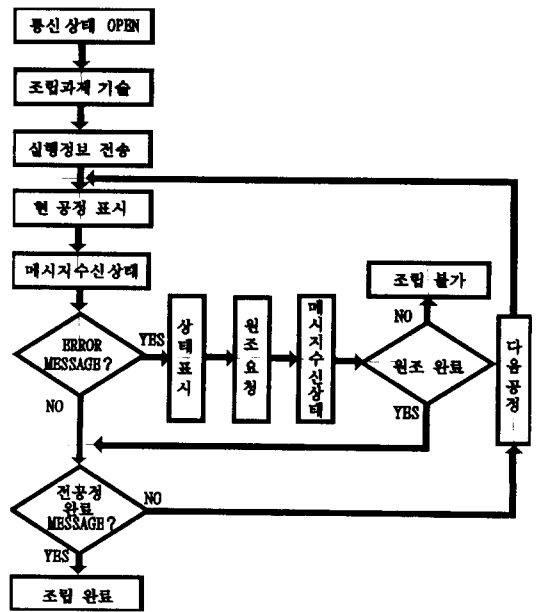


Fig. 5 A flow-diagram for a cooperative Working

Program간의 통신을 위해 먼저 통신 Port를 연다. Program은 조립 과제가 문자로 입력되고 송신 상태에서 전송된 후 수신 상태로 만들어야만 외부 신호를 받을 수 있다. 송신과 수신이 동시에 행해지는 것이 아니기 때문이다. 전송된 작업의 실행 Program은 시스템 모델 Program에 Database형태로 저장되어 있으므로 소환되어 해당작업이 공정순서에 따라 수행된다. 그리고 그 작업의 상황이 Controller 화면에 가시화 된다. 협조가 필요할 시에는 시스템 모델로부터 error 메시지에 의해 그 내용에 따라 해를 위한 상호 협동이 이루어지도록 하였다. 이렇게 함으로써 통신 기법에 의한 정보 교환으로 스스로 문제를 해결하여 작업이 중단되는 일이 없도록 하였다.

### 3.3 실제 작업예

개발된 Program에 의해 시스템 모델상에서 타이어가 존재치 않는 경우에 대해서 두 로봇이 협동적으로 작업하는 일련의 과정을 그림 6에 나타내었다.

첫 번째 그림은 로봇들이 작업 명령을 받아 타이어를 잡는 동작이다. 다음은 협조 요청에 의해 Robot 1이 수행중인 작업을 완료 후 타이어를 공급하는 장면과 Robot 2는 Home Position에 있는 것을 나타낸다. 원조

완료에 의해 아래 두 그림에 중단되었던 고유 작업의 재개에 의한 진행 과정을 보인다. 옆의 Controller 화면에는 현상태 로봇이 하는 작업의 내용을 나타내어 주므로 작업의 진행상태를 작업자가 파악할 수 있다.

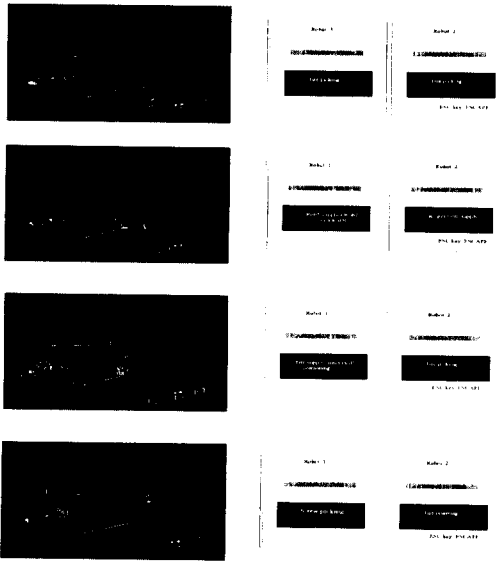


Fig. 6 A cooperative Work for the tire assembly

#### 4. 결론 및 전망

자체 조직력, 진단력, 변화력을 갖는 HMS 시스템이 지향하는 바는 동적인 외적 환경변화에 신속하게 대응하는 생동감있는 조직이 되는 것이다. 본 연구에서는 이러한 방향으로의 발전을 위해 자주 협동적으로 작용하는 특히 상호 협동적인 측면이 강조되는 시스템을 개발하고자 하였다.

조립 시스템에서 발생한 문제를 외부의 도움없이 시스템 구성요소들의 협력으로 해결하는 법을 소개하였다. 이에 요구되는 필요한 정보교환에 의존하여 개발된 Program의 작성방법을 보였다. 협동적인 시스템의 개발과 시험을 위해서 많은 경비를 요하는 Hardware부분(로봇 및 주변장치)은 PC상에서 Simulation Program으로 개발하여 로봇 프로그램에 필요한 주변 환경 모델로 이용되도록 하였다.

소개된 시스템은 HMS로 향한 시험단계로서 셀 제어의 이상관리 모듈의 부분적인 기능 개발에 치중하였다. 그러나 향후 보다 나은 HMS 지향적인 시스템이 되기 위해서는 정보처리와 제어를 주관하는 소개된 운영단위의 다른 모듈의 개발이 요구되어 진다.

#### 5. 참고문헌

1. 박 홍 석, "생산구조의 혁신", 대한 산업공학회지, 제 8권, 제 2호, PP. 185-197, 1995

2. Toenshoff, H.K., "Holonc Manufacturing System" Hyundai Automobil Co. 세미나자료, September, 1994
3. Warnecke, H. J., "Revolution der Unternehmens kultur" SpringerVerlag, 1993
4. V. Brussel, H., "The Vision Matching the Problem" 1st European HMS Conference, December, 1994
5. Toenshoff, M.K. and Gloeckner, M., "Production Management by Detecting and Avoiding Chaos" Production Management Methods, IFIP, PP.133 - 139, 1994
6. Kidd, P. T., "Agile Manufacturing" Addison Wesley Publishing Company, 1994