특집 자동차생산기술

# 높은 생산성의 재구성 시스템

## Highly Productive & Reconfigurable Manufacturing System

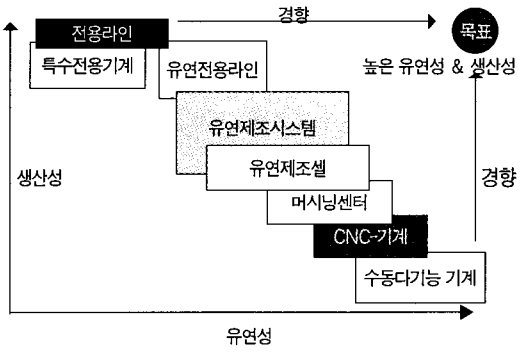
박 홍 석 / 울산대학교 교수
Hong Seok Park University of Ulsan

## 1. 서 론

증가되는 국제 경쟁력은 제조업에게 세계시장에서 생존하기 위해서는 더욱 더 생산성을 향상시킬 것을 강요하고 있습니다. 동시에 시장은 제품의 다양화를 초래하는 고객의 욕구를 충족시킬 것을 요구하고 있습니다. 이에 따라 제조업체는 높은 유연성과 생산성을 제공해 줄 수 있는 생산시스템을 원하고 있습니다. 그러나 현재 존재하는 생산시스템들은 요구되는 높은 유연성 및 생산성과 낮은 생산비용을 동시에 충족시키지 못한다.

이런 딜레마는 짧아지는 제품주기의 자동차 산업에서도 문제가 되고 있다. 그래서 생산성을 갖는 시스템에서 다양한 차종을 생산하는 방안을 요구한다. 이것을 충족시키기 위해서는 변하는 제품의 사양에 쉽게 적응하면서 생산성을 높일 수 있는 새로운 패러다임의 생산시스템이 필요하다〈그림 1〉.

이의 추구는 오늘날 모듈화 개념에 기반을 둔 높은 생산성의 재구성 시스템(RMS: Reconfigurable Manufacturing System)을 통해 이루어지고 있다 /1,2/. 이 시스템은 언제, 어디서나 요구되는 기능, 부하, 기술들을 정확하게 제공하고자 한다. 각 구성 요소들의 모듈화를 통해 이들을 대체, 삽입하거나 제거함



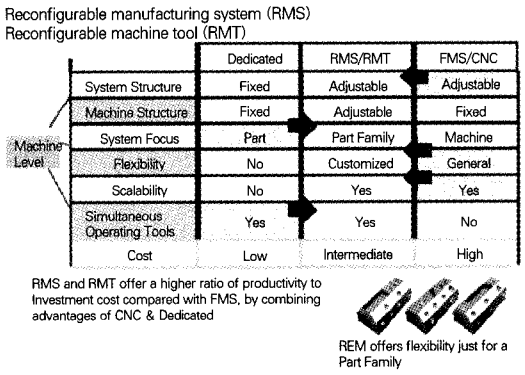

〈그림 1〉 미래 제조 시스템의 목표

으로서 짧은 시간 안에 새로운 요구사항들에 적응할 수 있는 시스템이다. 아래에 현존하는 시스템의 한계로부터 재구성 시스템의 전략 및 특징들을 소개하고자 한다.

## 2. 재구성 시스템과 기존 시스템의 비교

기존 존재하는 생산시스템들은 크게 두 종류, 즉 전용 생산 시스템(DMS: Dedicated Manufacturing System)과 유연 생산 시스템(FMS: Flexible Manufacturing System)에 기반을 두고 있다/3/. "Transfer line"이라고 알려져 있는 전용시스템은 상대적으로 비싸지 않은 고정된 자동화에 기반을 두고 있으며 많은 양의 회사 핵심제품 생산에 주력한다. 그러나 전용시스템의 평균 효율은 비교적 낮으며, 자동차 산업에서는 53% 정도로 측정되어 진다.

반면에 유연생산시스템은 변하는 양에 따라 다양한 제품들을 생산하고 비싼 범용의 수치제어 기계들로 구성되어 있다. 이들의 장점들로부터 생산시스템의 새로운 종류에 대한 개념을 개발했다. 부하, 기능과 비용 측면에서의 DMS, FMS와 RMS의 차이점들이 〈그림 2〉에 나타내었다.




〈그림 2〉 Dedicated, FMS & RMS의 비교/4,5/

시스템의 구조에서 FMS/CNC는 기계에 주어진 기능들의 범위 안에서만 생산환경 변화에 적응가능하나 RMS/RMT는 수행할 기능들에 대한 새로운 요구에 대응하거나 Upgrade 되어진다. 시스템의 설계에서도 DMS는 제품에 초점이 맞추어지고 FMS는 갖고 있는 기계들의 기능범위 안에서 제품군이 형성되나 RMS는 변하는 시장의 조건에 따라 요구되는 제품군의 기반 하에 시스템이 구성된다. DMS는 계획된 최대부하에 고정되어 있으므로 추가부하에 대해서는 추가투자에 의해 새로운 라인이 증설되어야 한다. FMS의 부하조절은 일정한 범위 안에서만 가능하나 RMS에서는 시장 요구에 의존해서 변하는 비율에 따라서 RMS의 부하조절이 이루어진다. 부가축의 장착으로 DMS나 RMS에서는 동시 제어가능한 축을 확장 및 축소할 수 있으나 FMS에서는 어렵다. 부하조절에 따른 비용도 DMS는 단순 전용기에 의존하므로 적은 편에 속한다. FMS는 요구의 변화에 대해서는 새로운 기계의 구입으로 대응하므로 고가이나 RMS는 모듈화의 개념에 따라 Upgrade가 가능하므로 상대적으로 저렴하다.

## 3. 재구성 시스템의 특징들

갑작스러운 요구변화에 생산부하, 기능과 기술이 대응하기 위해서는 RMS의 구조뿐만 아니라 H/W와 S/W의 요소들도 빠르게 변할 수 있도록 설계되어야만 한다. 이와 같이 RMS는 DMS의 높은 생산성과 FMS의 유연성을 결합시킬 뿐만 아니라 빠르면서 효율적인 비용으로 변화에 적응하도록 개발되어야 한다. 이러한 요구들을 충족시키기 위해서 RMS는 아래와 같은 핵심적인 성질들에 의해서 특징지어진다.

**모듈화**(Modularity): RMS의 구성은 서로 조립될 수 있는 모듈요소들의 결합으로 이루어진다.

**통합화**(Integrability): 각 모듈들의 기계적 및 제어적인 인터페이스는 호환성이 있도록 설계되어야 한다.

**고객화**(Customization): 이것은 고객의 특수나 고유의 요구들에 따라 제품이 생성되도록 하는 것을 의미한다.

**전환화**(Convertibility): 이것은 주어진 조건하들을 고려하여 한 구성에서 다른 구성으로 시스템을 변경시킬 수 있는 능력을 말한다.

**진단화**(Diagnosability): 시스템 내에서 결함을 진

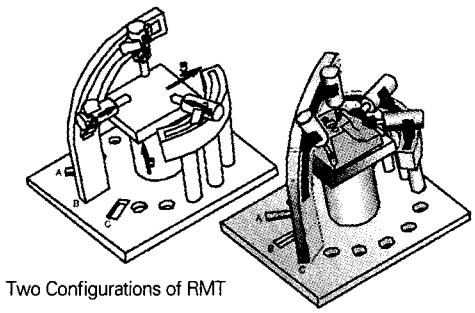
단하고 그 원인을 정의하는 능력을 갖고 있다.

이들 중에서 모듈화, 통합화와 진단화는 재구성의 시간과 노력을 줄이는 반면에 고객화와 전환화는 비용을 감소시키는 역할을 한다.

이런 특징들을 가지고 효과적인 시스템이 되기 위해서는 RMS는 시스템 및 기계 측면에서 동시에 설계되어야만 한다. 설계시 각자의 위치에서 현장 적응 기간(ramp-up)이 고려되어야 한다.

### 3.1 재구성 기계(RMT: Reconfig- urable Machine Tools)의 모델링

RMT는 RMS의 구성요소로 사용될 수 있으며, RMS와 동일한 특징을 갖는다. 따라서 RMT 역시 모듈 구조를 가지며 기본 개념은 〈그림 3〉에 나타내었다.



Two Configurations of RMT

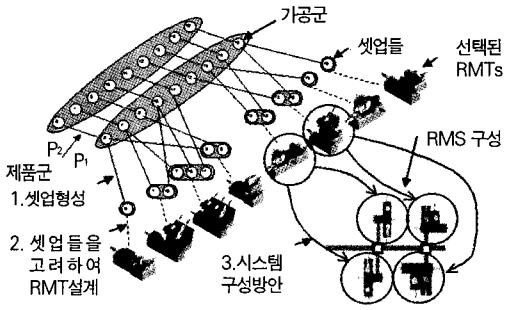
US Patent 5,943,750

〈그림 3〉 PMT의 두 구성/ 2,4/

기존의 기계들과는 달리 변할 수 있는 구조를 가진 고객화된 유연성을 지향한다. 기계적인 시스템이 되기 위해 다른 모듈과 조합으로 재구성이 이루어질 수 있는 구조가 되어야 한다. 이것은 RMT의 구성 요소들이 기능 지향적으로 설계되어 각 모듈을 이루도록 한다. 이로써 각 모듈들은 인터페이스의 제한적인 사항들만 고려하여 각자 독립적으로 개발되어 호환성을 제공해야 한다/6,7/. 이를 위해 RMT의 구조는 객체 지향적이어야 한다. RMT의 구조 안에서 인터페이스의 수를 줄이기 위해서는 단일 모듈들이 한 가지 이상의 기능들을 수행하게 하며, 인터페이스의 표준화를 추구한다. 인터페이스의 호환성은 기계(연결장치, 조인트 고정장치 등에 의한 기계적 결합) 및 동력(유압, 전기, 공압 등에 의한 동력장치)적인 면뿐만 아니라, 정보(네트워킹을 통한 정보처리에 의한 제어) 측면에서 고려되어야 한다. 재구성을 위한 제어는 개방형 제어기술, 즉 Open-Architecture Control 에 의해 수행되어진다.

### 3.2 재구성 시스템의 설계

RMS는 부품군내의 모든 부품들을 생산할 수 있는 고객화된 유연성을 갖도록 설계된다. 제품의 변화에 따른 기능의 적응성과 수요의 변화에 따른 시스템의 부하 조절이 가능하도록 되어야 한다. 배처(Batch)들 사이에서 짧은 전환이 요구되는 곳에도 적합하다. 시스템은 CNC기계, RMT나 전용기계들의 조합으로 구성된다. RMS의 설계는 제품들의 가공특징(Manufacturing Features)들로부터 공정 계획을 거쳐 최적의 시스템을 구성하는 체계적인 절차를 따른다 〈그림 4〉.




〈그림 4〉 RMS의 설계 진행절차/ 1,2,4/

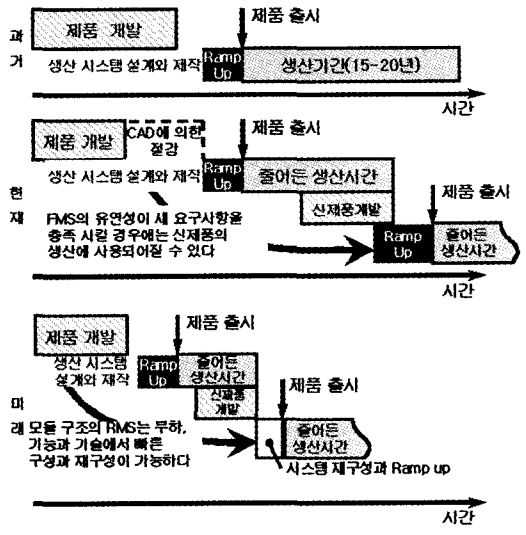
먼저 제품군내의 가공 특징들로부터 가공 공정들을 유도하여 가공군(Operation Clusters)들을 형성한다. 이에 근거하여 요구되는 공정들을 수행할 수 있는 공구나 RMT 등이 선정된다. 또한 연간 생산량을 고려

하여 선정된 도구나 기계들의 수량도 결정된다. 다음 단계는 기계의 배치에 의한 시스템의 구성이다. 제품의 품질, 생산량 및 비용, 생산부하의 변화에 따른 확장성 등을 고려하여 직렬(Series), 병렬(Parallel) 및 복합(Hybrid) 형태의 구성이 이루어진다. 이런 요소들의 고려 하에 시스템 구성의 법칙이나 원리들을 개발하여 많은 가능한 대체 구성 방안들(n개의 기계에 대해서는 $2^{n-1}$ 보다 많다)중에서 최적의 해가 선정되도록 한다. 이때에 시스템의 전 수명동안 비용, 향후 생산품의 변화와 시장의 변동성 등을 고려하는 수명주기의 경제성 모델이 응용된다.

### 3.3 시스템의 현장 적응기간 (Ramp-up)

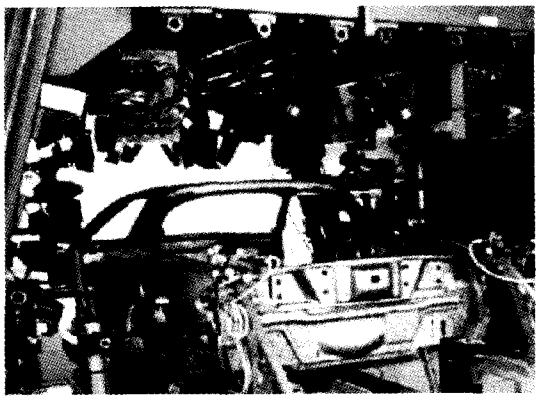
시스템이 설계되고 설치된 후 요구된 생산율에서 사양에 맞는 제품이 생산되는지를 검사해야만 한다. 기존 시스템과 마찬가지로 재구성된 시스템도 이 과정을 거쳐 결함을 찾아 제거 및 수정되어야 한다. 짧아지는 제품 개발시간과 생산기간에서 적응 기간의 경향이 〈그림 5〉에 나타내어진다.

과거의 긴 생산 기간에서는 긴 적응 기간(Ramp-up)이 어느 정도 용납되었다. 그러나 새 상품의 출시가 더욱 빨라질 향후에는 이것은 RMS의 성공에 핵심적인 요소가 될 것이다. 온라인에 의한 부품검사의 빠른 방법과 결합된 부품품질의 결함원인과 대책에 대한 체계적인 방법론의 개발은 Ramp-up기간의 단축에 필수적이다. 즉 시스템이 재구성된 후 시스템과 기계 레벨에서 측정, 진단, 보정 및 수정으로 이루어지는 단계들이 빠르게 수행되지 않는다면 RMS의 장점은 잃어버리게 될 것이다. 그러므로 이들을 지원할 수 있는 방법론들의 개발은 시급하다. 예로써 이 방법론들 중의 하나라고 할 수 있는 측정 스테이션이 〈그림 6〉에 보여 진다.




〈그림 5〉 제조분야에서 적응기간(Ramp-up)의 경향

자동차 조립라인에서 차체측정을 위해 광센서들이 사용되어지고 있다. 응용범위에 맞게 설계되고 적합한 위치에 설치된 광센서들은 차체의 민감한 치수들의 변화를 감지한다. 이를 통해 고객들에게 문제점으로 될 수 있는 결함들을 진단하고 사전 예방하는 데에 도움을 주고 있다.



〈그림 6〉 자동차 차체 측정실

## 4. 결 론

증가되는 경쟁력과 빠른 시장변화는 높은 유연성과 생산성을 동시에 제공하는 생산시스템을 요구한다. 이러한 요구에 큰 잠재능력을 가진 높은 생산성의 재구

성 생산시스템(RMS)이 소개되었다. RMS는 필요한 시점에 요구되는 기능, 부하와 기술을 정확하게 제공한다. 이적응성은 모듈식 구조화에서 모듈들의 첨가, 제거 및 치환에 의해서 이루어진다.

모듈화를 위한 강력한 인터페이스의 개발은 복잡한 과제이다. 서로 다른 전문가들의 관점들이 고려되어 통합되어야 한다. 모듈화, 인터페이스의 표준화는 재구성에 대한 사용자의 요구나 재구성 프로세스의 복잡성에 크게 영향을 받는다. 그러므로 사용자의 관점에서 재구성 기계나 시스템에 대한 요구사항들이 정확하게 규정되어야 하고 실현 가능성에 대해서 검토되어야 한다. 사용상 얻을 수 있는 장점들은 부분적이나 실험적으로 구현된 RMS나 RMT내에서 가능성이 조사 되어져야 한다.

(박홍석 교수 : phosk@mail.ulsan.ac.kr)

## 참고문헌


1)Toenshoff, H. K.; Schnulle, A.;Drabow, G.: Highly Flexible and Reconfigurable Manufacturing Systems due to a Modular Design. Proceedings of the CIRP 1st International Conference of Agile and Reconfigurable Manufacturing, Ann Arbor 2001

2) Koren, Y.; et al.: Reconfigurable Manufacturing Systems. Annals of the CIRP 48 (1999) 2, S. 527-540

3) Kahlmeyer, M.; Warnecke, H. J.; Schneider, W. D.: Fractal product design - Design for assembly and disassembly in a fractal factory. Proceeding of the DFMA conference, USA 1994

4) Kannatey-Asibu, Jr., Pasek, Z. J.: Sicence Base for Reconfigurable Manufacturing, Course Pack, University of Michigan, Ann Arbor 2002.

5) Toenshoff, H. K.; Drabow, G.: Virtual planning of highly flexible and reconfigurable manufacturing systems. Proceedings of the CIRP International Seminar on Manufacturing, Athens 2001

6) Heisel, U.; Michaelis, M.: Rekonfiguri-erbare Werkzeugmaschinen ZWF 93 (1998) 10, S. 506-507

7) Pritschow, G.; et al.: Modular System Platform for open Control System. Production Engineering 4 (1997) 2, S. 77-80