

재구성형 유연가공라인을 위한 시스템셋업 및 스케줄링 체계 A Framework for System Setup and Scheduling in Reconfigurable Manufacturing Systems

*#이동호¹, 김지수¹, 김형원¹, 도형호¹, 유재민¹, 남성호²

*#D.-H. Lee(leman@hanyang.ac.kr)¹, J.-S. Kim¹, H.-W. Kim¹, H.-H. Doh¹, J.-M. Yu¹, S. H. Nam²

¹ 한양대학교 산업공학과, ² 한국생산기술연구원 디지털협업센터

Key words : Reconfigurable manufacturing system, RMS System setup and scheduling, Framework, Scenario

1. 서론

고객요구의 다양화 및 고객화의 증대로 인하여 제조업체들은 빈번한 신상품 출시, 제품별 수요와 생산량의 변동, 공정기술의 발전 및 변화와 같은 제조환경의 변화에 직면하게 되었을 뿐만 아니라 생산시스템에 대한 변화까지 요구 받게 되었다. 이에 제조업체들은 유연제조시스템(flexible manufacturing systems: FMS)의 도입을 통하여 변화에 대응하려 노력 하였다. 일반적으로, FMS 란 소품종 대량생산의 생산성(productivity)과 다품종 소량생산의 유연성(flexibility)을 동시에 갖춘 첨단 생산시스템으로 알려져 있으며, 제품의 다양화 측면에서 일정 정도의 성공을 거두었다. 하지만, FMS 의 경우 추가적인 기능을 설치하여 시스템을 확장할 때 고정되어 있는 설비구조로 인하여 고가의 경비지출을 감안해야 하며 시스템의 정상화까지는 오랜 시간이 걸린다는 단점으로 현재와 같이 예측 불가능한 시장의 변화에는 빠르게 대응하기 어렵다(Meharabu et al. 2002). 이에 생산자 측면에서 다양한 고객의 수요 변화에 대응하여 제조시스템을 빠르고 효율적이게 재구성 할 수 있도록 새로운 형태의 재구성형 제조시스템(reconfigurable manufacturing systems: RMS)의 필요성이 증대되게 되었다.

RMS 는 제한된 유연성을 가지는 중품종 중량생산에 적합한 제조시스템으로 알려져 있으며 기본적인 목표는 정확히 언젠, 얼마만큼의 생산능력과 기능을 가져야 하는가이다. 일반적으로 RMS 란 예측 불가능한 시장수요에 따른 부품 종류 및 생산량의 갑작스런 변화에 효율적으로 대응할 수 있도록 재구성력(reconfigurability)을 갖춘 첨단 생산시스템으로 정의할 수 있으며, 전용가공라인(dedicated line system: DLS)과 FMS 사이에 존재할 수 있는 중간형태의 패러다임으로 볼 수 있다(Koren and Ulsoy 1997, Koren et al. 1999). 여기서 재구성력이란 제조시스템 내 여러 구성요소들을 효율적이고 지속적으로 구성할 수 있는 능력을 의미한다. 또한, 재구성력은 하드웨어 측면과 소프트웨어 측면으로 나눌 수 있으며 하드웨어 측면의 경우 RMS 의 구조/구성(architecture/configuration)과 관련이 있고 소프트웨어 측면의 경우 시스템의 운용(operation and control)과 관련이 있다(Bi et al. 2008).

RMS 에 관한 기존연구들은 주로 변화하는 수요에 대응하기 위한 하드웨어 구성요소의 재구성에 초점을 맞추어 왔다. 반면, 재구성이 가능한 RMS 의 운용과 관련된 문제에 대한 연구는 매우 제한적으로 수행되어 왔으며 연구가 필요한 분야이다. 이에 본 논문에서는 RMS 에서의 주요한 운용문제인 생산계획 및 스케줄링 문제를 연구범위로 하며 기존 FMS 에서의 생산계획 및 스케줄링 체계를 확장한 시나리오 기반 시스템 셋업 및 스케줄링 체계를 제시하여 RMS 운용시스템의 기반을 마련하는 것을 목적으로 한다.

2. RMS 구조 및 형태

본 연구에서 대상으로 하는 RMS 의 구조는 하드웨어의 재구성 능력을 제외하고 FMS 와 유사하며 기계장비(수치제어 기계, 머시닝 센터)들과 자동화 자재취급시스템으로 구성되며 전체 시스템은 컴퓨터에 의하여 통제된다. 각 기계들은 공구매거진(tool magazine)이 있어 여러 종류의 공구를

장착할 수 있고 장착된 공구에 따라 여러 종류의 작업을 수행할 수 있다. 공구교환은 자동공구교환장치에 의해 수행되어 공구준비 시간이 거의 소요되지 않는다. 단, 가공품이 시스템에 투입되기 전 팔렛(pallet)에 가공품을 얹고 고정구(fixture)로 가공품을 고정시키는 준비(setup)는 작업자가 수행하는 것으로 가정한다.

다음으로, RMS 의 형태는 크기에 따라 하나의 셀로 구성되는 재구성형 제조셀(reconfigurable manufacturing cell: RMC)과 여러 개의 재구성형 제조셀로 구성되는 RMS 로 구분된다. 아래의 Fig. 1 은 3 대의 기계로 구성되는 RMC 의 예를 보여주고 있다. 이 RMC 는 기존의 FMS 와는 달리 기계, loading/unloading 작업장, 자재취급 장비 등을 재구성하여 변화하는 수요에 신속하게 대응할 수 있는 능력을 갖추고 있다.

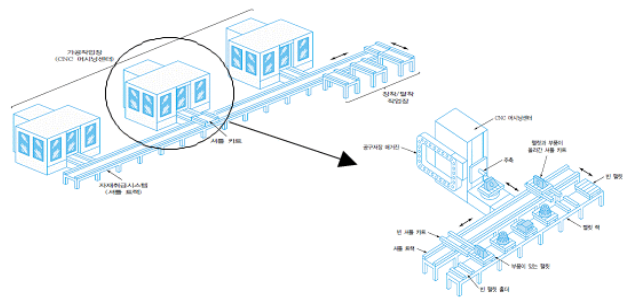


Fig. 1 Reconfigurable manufacturing cell (RMC)

3. RMS 시스템 셋업 및 스케줄링 체계

3.1 기본구조

본 연구에서 대상으로 하는 RMS 시스템 셋업 및 스케줄링에 대한 기본구조 및 관련 하부문제를 표현하면 아래의 Fig. 2 와 같으며 RMS 의 형태 및 운용 방식이 다양할 수 있다는 측면에서 기존의 FMS 와 차이점을 가진다.

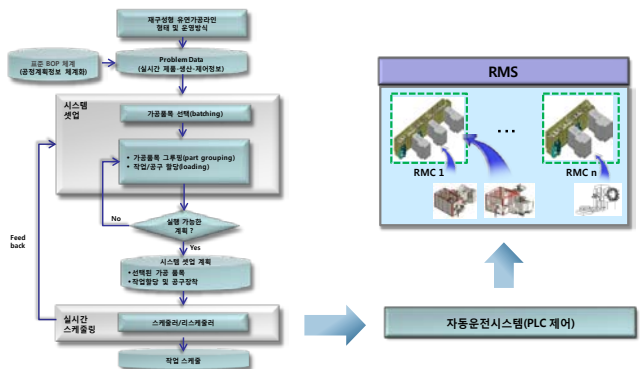


Fig 2. System setup and scheduling in RMC: basic structure

먼저, 시스템 셋업 문제(system setup problem)란 가공품을 가공하기 전에 결정해야 할 의사결정 문제로 다양한 RMS 의 운용방식에 따라 가공품목을 어떻게 선택해야 하

며, 작업 및 공구를 기계에 어떻게 할당할지를 다루는 문제로 정의되며 아래와 같은 하부문제들로 구성된다.

- 가공품목 선택 문제(batching problem): RMS 를 포함하는 전체 생산시스템에 대한 생산계획에 따라 주어진 가공품목들 중 주어진 계획기간 동안 생산할 가공품목의 종류 및 양을 결정하는 문제로 정의된다.
- 가공품목 그루핑 문제(part grouping problem): 여러 개의 RMC 로 구성되는 RMS 의 경우 선택된 가공품목들을 분류하여 각 RMC 에 할당하는 문제로 정의된다.
- 작업/공구할당 문제(loading problem): 가공품목 선택에 의해 생산해야 할 가공품목들에 대해 필요한 작업(operation)과 공구를 기계에 할당하는 문제로 정의된다.

다음으로, 스케줄링 문제란 시스템 셋업(가공품목 선택, 가공품목 그루핑, 및 작업/공구 할당) 하에 주어진 개별 작업들의 순서를 결정하는 문제로 정의된다.

3.2 시나리오 기반 체계

본 절에서는 앞에서 설명한 시스템 셋업 및 스케줄링에 대한 기본구조 하에 RMS 의 형태 및 운용방식을 고려한 시나리오 기반 시스템 셋업 및 스케줄링 체계를 설명한다.

먼저, RMS 형태 및 운용방식에 따른 시나리오 기반 체계의 세 가지 분류기준을 설명하면 다음과 같다.

- 분류기준 1(주문도착 방식): 주문도착 방식이란 RMS 에서 가공할 가공품목에 대한 수요가 어떻게 도착하는가를 의미하며 가공품목 선택 문제와 밀접한 관련이 있다.
 - 정적 도착(static arrivals): 계획기간 초기 생산해야 할 가공품목이 정의되어 변화가 없는 경우(낮은 변동성)
 - 동적 도착(dynamic arrivals): 계획기간 동안 가공품목에 대한 수요가 연속적으로 도착하는 경우(높은 변동성)
- 분류기준 2(가공품목 선택 방식): 도착한 주문에 대하여 가공품목을 어떻게 선택하여 배치를 구성하는지를 의미한다.
 - 고정 배치(fixed batching): 계획기간 초기 가공품목 선택 후 선택한 가공품목만 생산하는 방식
 - 유연 배치(flexible batching): 계획기간 초기 가공품목 선택 후 가공완료, 시스템 변동사항 발생 시 새로운 가공품목을 선택하는 방식
- 분류기준 3(공구매거진 용량): 공구매거진의 가용한 슬롯 수를 의미한다.
 - 대용량: 자동공급 시스템이 존재하거나 공구매거진 용량이 충분하여 공구제한 없이 가공이 가능한 경우
 - 소용량: 공구매거진 용량이 충분하지 못하여 일부의 선택된 가공품목들만 가공이 가능한 경우

이상의 세 가지 분류기준에 따라 8 가지의 시나리오를 정리하면 아래의 Table 1 과 같다.

Table 1 Basic scenario

시나리오	주문도착 방식	가공품목선택 방식	공구매거진 용량
1	정적	고정	소용량
2	정적	유연	소용량
3	정적	고정	대용량
4	정적	유연	대용량
5	동적	고정	소용량
6	동적	유연	소용량
7	동적	고정	대용량
8	동적	유연	대용량

3.3 시나리오 별 접근방법: 개요

본 절에서는 각 시나리오 별 접근방법에 대하여 간략히 설명한다. 단, 작업/공구할당 및 스케줄링 문제의 경우 모든 시나리오에 걸쳐 동일한 문제로 정의된다.

- 시나리오 1(정적 주문도착, 고정 배치 및 소용량 공구매거진): 가장 기본이 되는 시나리오로 공구매거진이 소용량이므로 가공품목 선택 알고리즘에서 공구매거진에 대한 제약을 고려
- 시나리오 2(정적 주문도착, 유연 배치 및 소용량 공구매거진): 시나리오 1 과 동일하나 초기 가공품목을 선택 후 가공완료와 같은 시스템 변동사항 발생 시 새로운 가공품목을 선택하는 유연 배치 알고리즘이 필요하며 공구매거진 제약을 고려
- 시나리오 3(정적 주문도착, 고정 배치 및 대용량 공구매거진): 시나리오 1 과 동일하나 공구매거진이 대용량으로 가공품목 선택 알고리즘에서 공구매거진 제약 제외
- 시나리오 4(정적 주문도착, 유연 배치 및 대용량 공구매거진): 시나리오 2 와 동일하며 공구매거진 제약을 제외
- 시나리오 5(동적 주문도착, 고정 배치 및 소용량 공구매거진): 시나리오 1 과 동일하나 계획기간 동안 가공품목에 대한 수요가 연속적으로 도착하는 동적인 주문도착이고 고정 배치 방식을 따르므로 동시에 가공할 가공품목을 선택한 후 해당 가공품목들이 완료된 시점에 선택되지 못한 가공품목과 추가로 도착한 가공품목들을 대상으로 다음 가공할 가공품목을 선택
- 시나리오 6, 7, 8: 시나리오 2, 3, 4 와 동일하며 동적인 주문도착으로 가공품목 선택 시 추가로 가공품목을 고려

4. 결론

본 논문에서는 RMS 의 주요한 시스템 운용문제인 시스템 셋업 및 스케줄링 문제에 대하여 RMS 형태 및 운용방식에 따른 시나리오 기반 체계를 제시하고 각 시나리오 별 접근방법을 간략히 제안하였다. 본 연구에서 제안하는 체계는 하드웨어 중심의 기존연구를 보완하여 소프트웨어 측면에서의 RMS 운용체계를 제시하는데 의미가 있다. 특히, RMS 사용자의 다양한 제조상황을 반영하여 관련 하부문제들이 재구성 될 수 있도록 하였으며 추후 시나리오 별 하부문제들에 대한 알고리즘 개발 및 통합에 대한 연구가 필요할 것으로 보인다.

후기

본 연구는 지식경제부의 산업원천기술 개발사업(과제번호: 10033895-2009-11)의 지원으로 수행되었음.

참고문헌

1. Bi, Z. M., Lang, S. Y. T., Shen, W. and Wang, L., "Reconfigurable Manufacturing Systems: the State of the Art," International Journal of Production Research, 46, 967-992, 2008.
2. Koren, Y., Heisel, U., Joveane, F., Moriwaki, T., Pritschow, G., Ulsoy, G., and van Brussel, H., "Reconfigurable Manufacturing Systems," Annals of the CIRP, 48, 1-11, 1999.
3. Koren, Y. and Ulsoy, G., "Reconfigurable Manufacturing System Having a Method for Changing its Production Capacity," US patent # 6, 349, 237, 2002.
4. Mehrabi, M. G., Ulsoy, A. G., Koren, Y. and Heytler, P., "Trends and Perspectives in Flexible and Reconfigurable Manufacturing Systems," Journal of Intelligent Manufacturing, 13, 135-146, 2002.