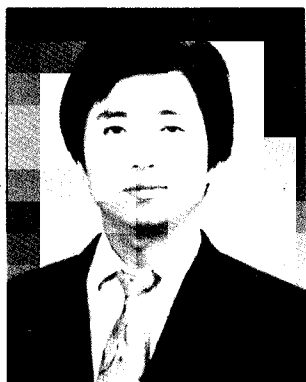


실시간 생산스케줄링 기술의 현황과 전망



김 갑 환 (부산대학교 공과대학 산업공학과)

- '77 서울대학교 공과대학 산업공학과(학사)
- '79 한국과학기술원 산업공학과(석사)
- '87 한국과학기술원 산업공학과(박사)
- '79-'81 한국과학기술연구소 공업경제연구실
- '81-'82 한국생산기술사업단
- '84-현재 부산대학교 공과대학 부교수

1. 서 론

최근까지 일정계획문제는 MRP의 한 부속 모듈로서 오-더별로 투입예상시점(planned order release)이 MRP에 의해서 주어지면 그것을 기초로 하여 공정별 시작시간과 종료예상기간을 결정하는 수준이었다. 여기에는 추정된 공정별 대기시간이 넉넉하게 포함되어 있기 때문에 너무 느슨한 예측자료에 불과하였다. 실제로 구체적인 자원할당과 작업시점의 결정은 현장에 맡겨져 있는 것이 보통이었다. 그렇게 하는 이유로는 현장의 상황이 너무 동적이며 불확실하기 때문에 정확하게 계획한다는 것이 불가능하며 현장에는 유연성 있고 지능적인 진행자(expeditor)가 있기 때문에 대부분의 문제는 즉석에서 해결이 가능하다는 것이다.

우리가 해결하려는 문제는 자동생산시스템에 있어서의 일정계획과 작업장 통제문제이기 때문에 더 이상 인간의 유연성과 지능을 이용할 수 없다는 것이 특징이다. 더구나 작업장에 머무는 시간이 짧은 것이 자동생산시스템의 일반적인 특징이기 때문에 의사결정을 위한 시간이 짧고, 모든 의사결정이 자동화되어야 하므로 세부적인 일정까지 구체적으로 사전에 계획되어야 한다. 또한 인간의 도움없이도 예외적인 사건에 반응하여 그 사건에 가장 적절한 조치가 취해져야 한다. 이와같은 사전계획과 반응적(reactive)계획을 위하여 전통적인 일정계획기법은 더 이상 소용이 없어져서 새로운 접근방법을 필요로 하고 있다.

본 글은 우선 일정계획기법과 밀접한 관계를 가지는 자동생산시스템의 통제구조에 대하여 그

유형별로 설명하고 장단점을 논의하고자 한다. 그 다음 전통적인 일정계획기법을 소개하고 그 한계를 논의하고자 한다. 마지막으로 생산현장의 동적특성과 불확실성을 반영할 수 있는 일정계획기법의 대안으로서 분산방식의 일정계획기법을 제안하려고 한다.

2. 자동생산시스템(Automated Manufacturing System : AMS)의 통제구조

본 장에서는 그 동안에 발표되고 구현된 여러 가지 종류의 통제구조(control architecture)를 조사하여 그 장단점을 비교분석하고자 한다.

자동화된 제조시스템이 증가되고 그 규모도 커지고 복잡해짐에 따라 통제를 위한 효율적이고 신뢰성있는 컨트롤시스템을 갖추는 것이 중요한 이슈로 등장하게 되었다. 초창기의 통제구조는 주로 중앙집중방식을 채택하였다. 그러나 자동생산시스템의 구성이 복잡해짐에 따라 중앙집중방식에 한계를 느끼게되어 다른 통제구조를 찾게 되었는데 그 결과 나타난 것이 계층적인 통제구조이다. 이는 복잡한 문제를 계층적인 시각으로 접근하여 단순화시키는 것이 논리를 설계하는데 용이하였기 때문이다. 그러나, distributed computing분야의 기술개발과 computer hardware의 가격 대비 성능이 크게 향상되어 더욱 분산화된 통제구조의 적용이 가능하게 되었다. 분산화함으로써 분산된 정보와 지능을 이용할 수 있게 되었고 통제의 책임을 분산시킴으로써 컴퓨터부하의 분산과 시스템의 신뢰성을 증진시킬 수 있게 되었다.

본 장에서는 이상에서 언급한 여러가지 통제구조를 비교, 분석하고자 한다. 통제구조를 결정한다고 하는 것은 자동생산시스템에서 자재나 공구를 운반하고 가공하는 활동을 coordinate시키고 지시하는데 필요한 의사결정의 기능을 특정 통제요소에 할당하는 것을 말한다. 통제시스템의 성능은 이런 의사결정책임들이 어떻게 분할되고 어떻게 할당되었으며 어떻게 coordinate하게 할 것인가에 대한 결정에 큰 영향을 받는다.

기술적인 측면에서나 경제적인 측면에서 볼 때, 자동생산시스템의 통제구조(control architecture)가

만족시켜야 할 요구사항을 정리해 보면 표 1과 같다. 자동생산시스템에서의 생산 lead time이 짧기 때문에 자재나 공구 또는 생산기술정보에 의해서 소요되는 모든 자원들의 가용성을 꾸준히 점검할 필요가 있다. 따라서 통제시스템의 신뢰성과 오류에 대한 견고성(faulttolerance)은 매우 중요한 특성이다. 신뢰성이란 오류없이 시스템이 연속적으로 작동할 확률을 의미하고 오류견고성(fault-tolerance)이란 시스템의 오류발생에도 불구하고 계속 작동할 수 있는 능력을 말한다. 현대의 市場特性은 소량다품종 방향으로 가고 있다는 것은 주지의 사실이므로 제조시스템의 유연성이 통제시스템내에서 어떤 형태로든 고려될 필요가 있다. 그러나 통제시스템의 설계자가 모든 가능한 미래의 요구를 미리 예상하고 대비한다는 것은 불가능하므로 유연성을 부과한다는 것은 통제시스템을 확장하기 쉽게하고 수정하기 쉽게 한다는 것을 의미한다. 또한, 시스템에 새로운 기계를 설치하거나 또는 AGV를 추가하거나 수리를 위해서 일시적으로 철거한다고 할 때, 시스템이 정상적으로 운행하면서 변화된 configuration을 고려하여 통제논리가 쉽게 재구성될 수 있어야 할 것이다(reconfigurability). 뿐만 아니라 재구성된 시스템의 configuration을 고려하여 전체시스템이 여전히 가장 효율적으로 운영될 수 있도록 통제 전략이 수정, 적응되어 나갈 수 있도록 하여야 할 것이다(adaptability).

표 1. 통제시스템이 갖추어야 할 특성

신뢰성	고장없이 시스템의 요소가 계속적으로 작동할 확률의 측도
오류견고성	시스템이 고장났음에도 불구하고 시스템이 계속적으로 기능을 수행할 수 있는가 여부
수정용이성	시스템의 요소를 쉽게 수정할 수 있는가 여부
확장성	새로운 통제요구를 감안한 통제요소가 쉽게 첨가될 수 있는가 여부
재구성용이성	새로운 hardware의 추가시 통제시스템을 재구성하기 쉬운지의 여부
적응성	환경의 변화에 대응하여 최적의 컨트롤의 가능 여부

이러한 요구측면에 대해서 대안으로 4가지의 기본적 통제구조를 제시할 수 있는데 그 형태와 특징은 아래의 그림 1과 같다. 이 경우 각각의

컨트롤 요소들은 Shop-level, Cell-level, Machine-level으로 나누어 진다. 각각의 통제구조에 대한 비교는 표 2와 같다.

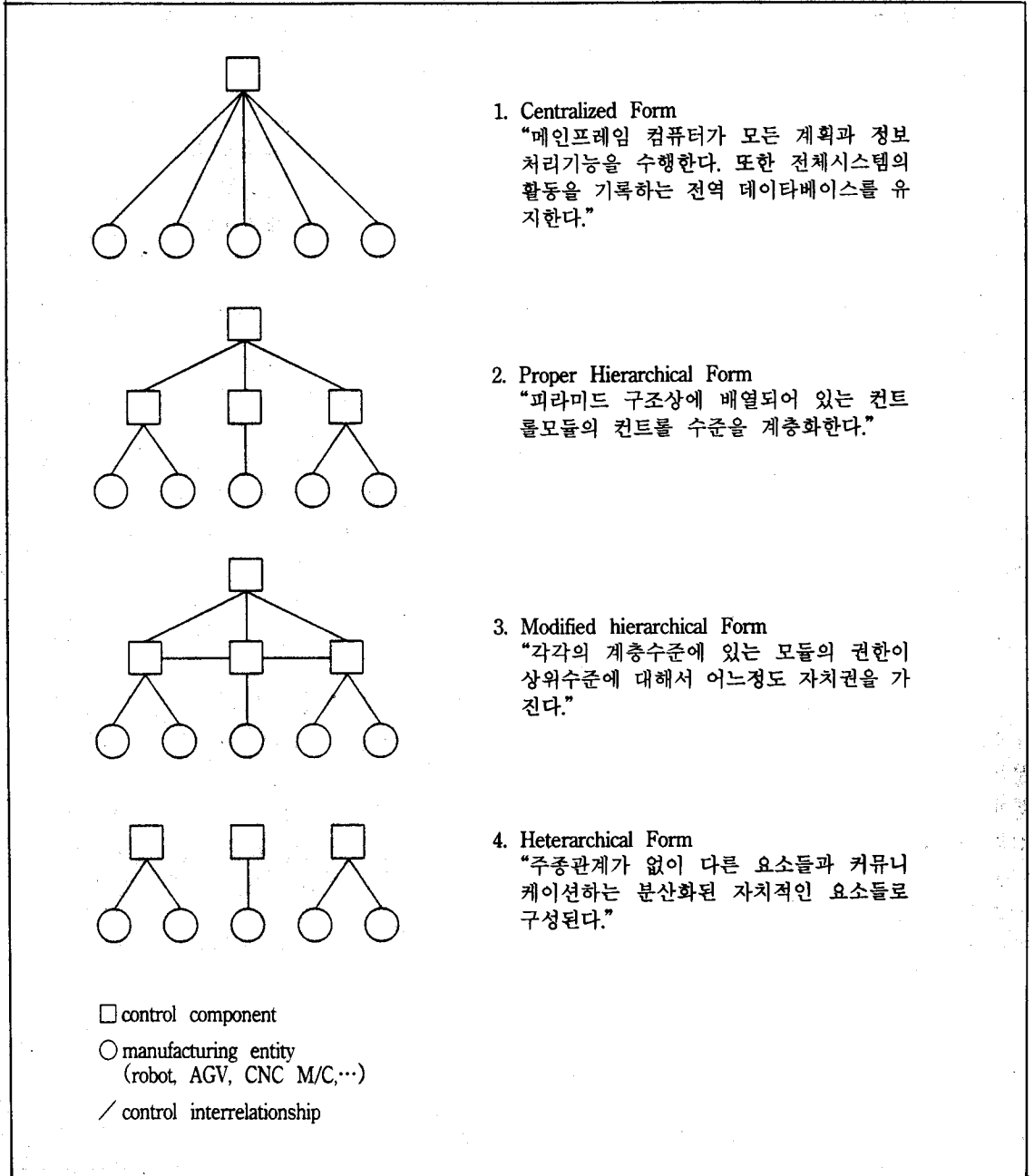


그림 1. 4가지의 기본적 컨트롤 아키텍처의 형태 [Dilts, 1991]

표 2. 통제구조 대안들의 비교

분류	Centralized	Proper Hierarchical	Modified Hierarchical	Heterarchical
주요 특징	<p>단일메인프레임컴퓨터</p> <p>한 곳에서 모든 제어를 결정</p> <p>모든 시스템 활동을 전역 데이터베이스에서 기록</p>	<p>여러 다양한 컴퓨터</p> <p>의사결정 단계간의 명확한 상하관계</p> <p>Supervisor가 하부의 모든 활동의 조정</p> <p>각 단계별 총괄데이터베이스</p>	<p>여러 다양한 컴퓨터</p> <p>의사결정 단계간의 느슨한 상하관계</p> <p>Supervisor가 하부조직의 활동순서를 초기화함</p> <p>하부조직들은 순서를 완성키 위해 협조함</p>	<p>상하관계가 없음</p> <p>완전한 로컬자치</p> <p>활동조정을 위한 분산 의사결정</p> <p>로컬 데이터베이스만 존재</p>
장점	<p>전체 정보에 접근</p> <p>전체적인 최적화가 가능</p> <p>시스템 상태정보에 대한 단일출처</p>	<p>점차적인 실행, 중복, 소프트웨어 개발 문제</p> <p>컨트롤의 점진적인 침가가 가능</p> <p>신속한 반응시간</p>	<p>proper hierarchical control의 모든 장점 유지</p> <p>자치를 가지는 로컬시스템의 능력</p> <p>로컬 컨트롤러와의 연결 부담을 덜어주는 능력</p>	<p>완전한 로컬자치</p> <p>소프트웨어의 복잡성을 감소</p> <p>내부적인 오류견고성</p> <p>재구성과 적응이 용이</p> <p>정보의 보다 신속한 전파</p>
단점	<p>반응이 늦고 속도의 불일치</p> <p>단일컨트롤기기에 대한 의존</p> <p>컨트롤소프트웨어 수정이 힘들</p>	<p>로컬 컨트롤러들의 계산 한계</p> <p>단계간 정보교환을 위한 연결들의 수 증가</p> <p>동적인 처리의 어려움</p> <p>추후의 예측 수정이 곤란</p>	<p>proper hierarchical control의 대부분 단점 보유</p> <p>연결의 어려움</p> <p>하위단계 컨트롤러들의 제약</p> <p>컨트롤시스템설계의 어려움</p>	<p>컨트롤러들의 기술적 제약</p> <p>정보통신, 프로토콜 혹은 운영시스템에 대한 기준 미비</p> <p>로컬 최적화의 편향</p> <p>고수준의 네트워크 능력을 요구</p> <p>소프트웨어의 가용성이 부족</p>

3. 스케줄링문제의 특성

스케줄링이란 일정한 기간동안 대상자원을 작업에 할당하는 과정이라고 할 수 있다. 일반적으로 말할 때, 일정계획이란 생산시스템의 운영계층상의 위치를 찾는다면 MRP에 의해서 계획발주시점이 정해지면 해당 shop order를 공정별로 다시 분할하고 공정별 시작시점과 종료시점을 결정하는 과정이라고 할 수 있다. 이제까지 많이 사용된 방법으로서 작업-더의 남기가 주어지면 남기를

기준으로 예상대기시간과 작업시간을 고려하여 역방향으로 공정별 시작시간을 계산해내는 방식을 사용하였다. 이때 보통 주일이나 날짜 단위의 시작시간이나 완료시간이 제시되는것이 보통이다. 이와같은 일정계획은 현장에서 발생하는 많은 불확실한 사건들을 예상대기시간이라는 추정치에 묻어두고 대략적인 진행기준으로서 사용하려는 용도에서 작성되었다.

그러나 이 글에서 대상으로 하는 실시간스케줄링이란 주제의 관점에서 이와같은 큰 시간단

위의 계획은 오히려 투입계획(planning)이라고 할 수 있다. 본고에서 이야기하려고 하는 스케줄링은 상대적으로 짧은 계획기간(하루 또는 한 shift)내의 작업진행계획을 대상으로 하며 구체적인 진행시나리오를 작성하는 것이다. 따라서 상세한 동적 진행사항을 고려한 것이기 때문에 특별한 변동요인이 없는 한 그대로 진행될 것으로 보아도 크게 틀리지 않을 것으로 기대되는 것이다. 더구나 대상으로 하는 시스템이 불확실성이 적은 자동생산시스템이기 때문에 더욱 그러하다고 할 수 있다.

일정계획을 구분할 때, 靜的인(static) 일정계획과 動的인(dynamic) 일정계획으로 구분할 수 있다. 정적인 일정계획이란 하루의 일이 시작되기전에 하룻동안 할 일을 미리 계획하여 두는 것이다. 반면에 동적일정계획이란 변화가는 현장의 상황을 그때그때 고려하여 의사결정을 최후의 순간까지 미루어 두었다가 마지막 순간에 결정하는 방식이다. 운영기능을 계획기능과 통제기능으로 나누어 볼 때 이런 측면에서 동적일정계획은 통제기능과 맞물린 계획기능이라고 할 수 있다.

실제로 일정계획기능은 대상시스템의 특성에 따라 그 형태가 다양한데, 크게 나누어 job shop대상 일정계획과 flow shop대상 일정계획이 두가지 극단적인 형태라고 할 수 있다. job shop scheduling은 공정순서가 서로 다른 여러 작업들을 한 작업장에서 가공하는 경우를 대상으로 한 일정계획이고, flow shop scheduling이란 모든 대상작업의 공정순서가 비슷한 순서를 따르는 경우를 대상으로 하고 있다. 따라서 문제의 복잡성으로 볼 때 job shop scheduling문제가 더 어려운 문제라고 할 수 있다. 본고에서는 가장 일반적인 경우인 job shop을 대상으로 한 일정계획문제에 대해서 다룬다.

일정계획문제를 복잡하게 만드는 요소에는 여러가지가 있다. 제일 주된 요소는 품목의 수나 기계의 수, 공구의 수가 증가함에 따라 고려 가능한 일정계획의 가지수가 기하급수적으로 증가한다는 데 있다. 뿐만 아니라 일정계획문제에는 여러가지 만족해야 할 제약조건의 수가 많고 일정계획결과를 평가할 때 그 평가기준이 여러가지이기 때문에 그 복잡성이 더 증폭된다고 할 수 있다. 다른

또 하나의 중요한 요소는 기계의 갑작스러운 고장이라든지 인력의 예기치 못한 결근, 불량률의 발생등 일정계획의 일관성을 흔들어 놓는 급작스러운 사건들이 빈번히 발생한다는 사실이다. 이런 모든 요소들이 정적인 특성을 가지면서 작업장에 대한 global 정보를 이용하여 일정계획을 최적화하는 이상적인 기법들을 적용하는데 장애요인이 되고 있다.

본고의 대상이 되고 있는 자동생산시스템을 목표시스템으로 한 일정계획문제의 특성을 살펴보면 다음과 같다. 포함되는 자원으로서의 hardware의 요소로는 CNC machine, fixture, tool magazine, tool, 운반기기, buffer등을 열거할 수 있다. 엄밀히 말해서 이들 모두가 자원할당의 대상이 되어야 한다는 말이다. 그러나, 기존의 소프트웨어들중에서는 이들을 모두 고려한 제품을 찾아보기 힘들다. 그러나, 중요한 특성으로서 공정에 있어서의 flexibility를 고려한 경우는 많다. tool magazine의 slot이나 운반기기의 가용성을 일정계획에 고려해야 바람직하다고 보인다.

4. 일정계획의 기법들

(유연)자동생산시스템을 대상으로 한 일정계획을 작성하기 위한 기존의 접근방법을 정리하여 보면 다음과 같다.

4.1 수리계획법에 의한 일정계획

이 분야의 많은 일정계획 이론들은 Stecke(1983)가 제시한 framework을 따르고 있는데 Stecke는 일정계획문제를 preproduction setup문제와 production operation문제로 구분하고 preproduction setup문제를 다음과 같은 세부문제로 구분하였다 [Basnet, 1994].

- Part type selection problem : 회사내의 모든 가공대상 품목중에서 유연자동생산시스템에서 가공할 품목을 결정하는 단계이다.
- Machine grouping problem : 생산시스템의 기계들을 분류하여 비슷한 공정을 담당할 기계들을 묶어주는 단계이다.

- Resource allocation problem : Pallet이나 고정 구같은 부수적인 자원들을 부품군에 할당하는 작업을 말한다.

- Loading problem : 부품군의 공정과 해당되는 공구를 기계그룹에 할당해 주는 단계이다.

Stecke는 이 문제를 대형 비선형정수계획법으로 수식화하여 풀었다. 이 후에도 많은 학자들이 위에서 제시된 부문제들에 대해 연구를 수행하였는데 주로 정수계획법이나 네트워크기법, mixed-integer programming기법등으로 수식화하여 해를 구하였다. 이들 문제들은 그 성격상 정적인 의사 결정문제를 다루고 있고 계산소요시간이 많이 소요되었기 때문에 동적인 일정계획에는 활용하기 어려운 제약점이 있다고 할 수 있다.

4.2 휴리스틱기법

최적화기법의 계산상의 어려움을 해결하기 위하여 발견적기법(heuristics)의 사용에 대한 연구가 많이 수행되었고 현실적으로도 가장 널리 활용되고 있는 방법이다. 발견적 기법은 dispatching rule의 형태를 취할 수도 있고 좀 더 복잡한 형태를 취할 수도 있다. 표 3에 여러가지 dispatching rule들이 나열되어 있다. 일부의 연구자들은 part selection과 같은 문제는 수리계획법으로 결정하고 shop내에서의 운영은 dispatching rule을 이용하는 복합적인 접근방법을 이용하기도 하였다. 이와같은 heuristic rule들은 동적인 문제의 해결에 하나의 유효한 방법이 될 수 있고 또 실무적으로도 많이 활용되어 왔다. 그러나 한가지 문제로서 어떤 rule을 선택할 것인가 하는 문제에 속 시원한 해답이 없다는 것이다. 뿐만 아니라 한 shop에서도 상황에 따라 가장 성능이 좋은 dispatching rule이 바뀐다는 것이다. 이에 대한 연구도 많이 이루어졌으나 완전한 해결책을 찾은 것은 아니다. 또 한가지 문제는 최적화기법에 비하여 그 성능의 우수성을 보장하기 힘들다는 것이다. 이는 의사 결정에 제한적인 정보만 사용한다는 약점에 기인한다고 할 수 있다.

현재 구현되어 시판되고 있는 소프트웨어에는 이와같은 dispatching rule을 적용하여 일정한 기

간앞까지 시뮬레이션(looking-ahead)하여 그 결과를 Gantt Chart의 형태로 그려 스케줄링의 결과로 제시해주는 기능이 제공되고 있는 경우도 있다. 이를 시중에서는 finite scheduling이란 이름으로 소개되고 있다.

표 3. 여러가지 dispatching rule의 예 [Blackstone, 1982]

규칙명	내 용
FCFS	먼저 도착한 작업을 먼저 처리한다.
shortest imminent operation	다음 공정의 가공시간이 가장 짧은 작업을 먼저 가공한다.
fewest remaining operation	남은 공정의 수가 가장 적은 작업을 우선 처리
earliest due date	납기가 이른 작업을 먼저 처리한다.
minimum slack time	납기까지 남은 시간에서 잔여가공시간을 뺀 숫자를 slack이라 하고 그 값이 가장 작은 작업을 우선 처리 한다.
least slack per operation	slack을 남은 공정수로 나누어서 그 값이 가장 작은 작업을 우선 처리 한다.
critical ratio	$(\text{due date} - \text{date now}) / (\text{lead time remaining})$
shortest number in next queue	후속공정의 해당기계에 대기중인 작업의 수가 가장 적은 작업을 우선 선택
mixed rules	이상의 규칙들을 서로 결합시킨 형태

4.3 시뮬레이션을 이용한 방법

최근에 시뮬레이션을 일정계획 도구로서 사용하고자 하는 몇몇 연구가 있었다. 과거에도 시뮬레이션을 이용하는 접근방법이 없었던 것은 아

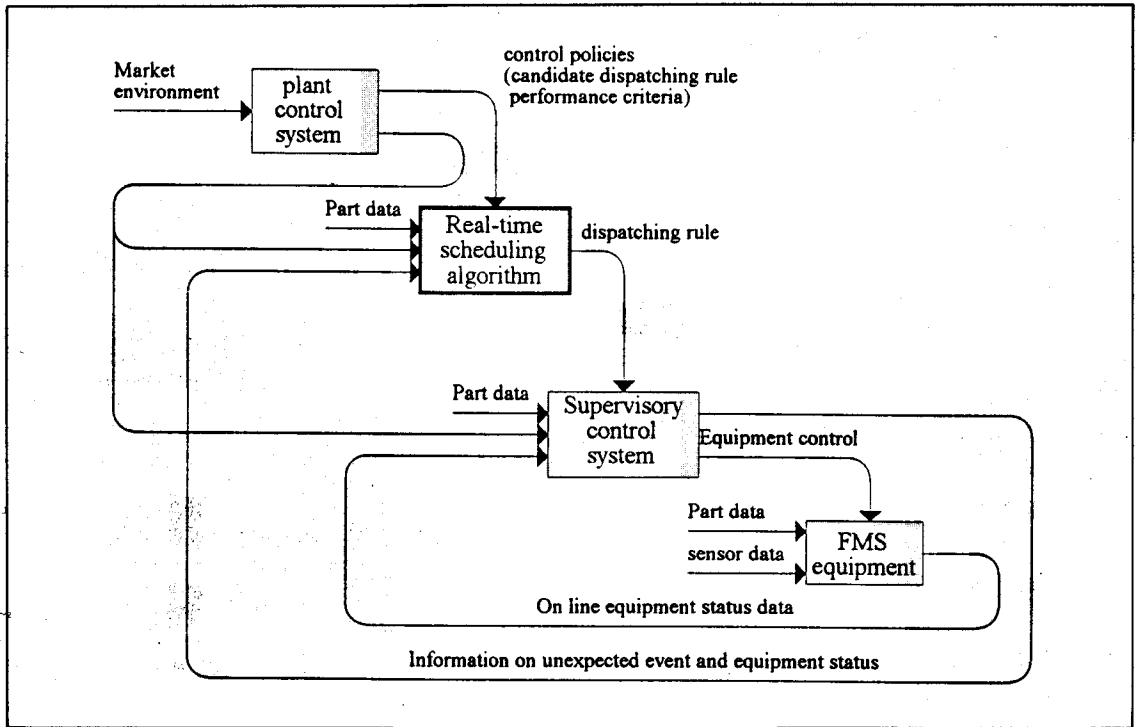


그림 2. Dispatching rule을 이용한 운영시스템의 통제구조[Ishii, 1991]

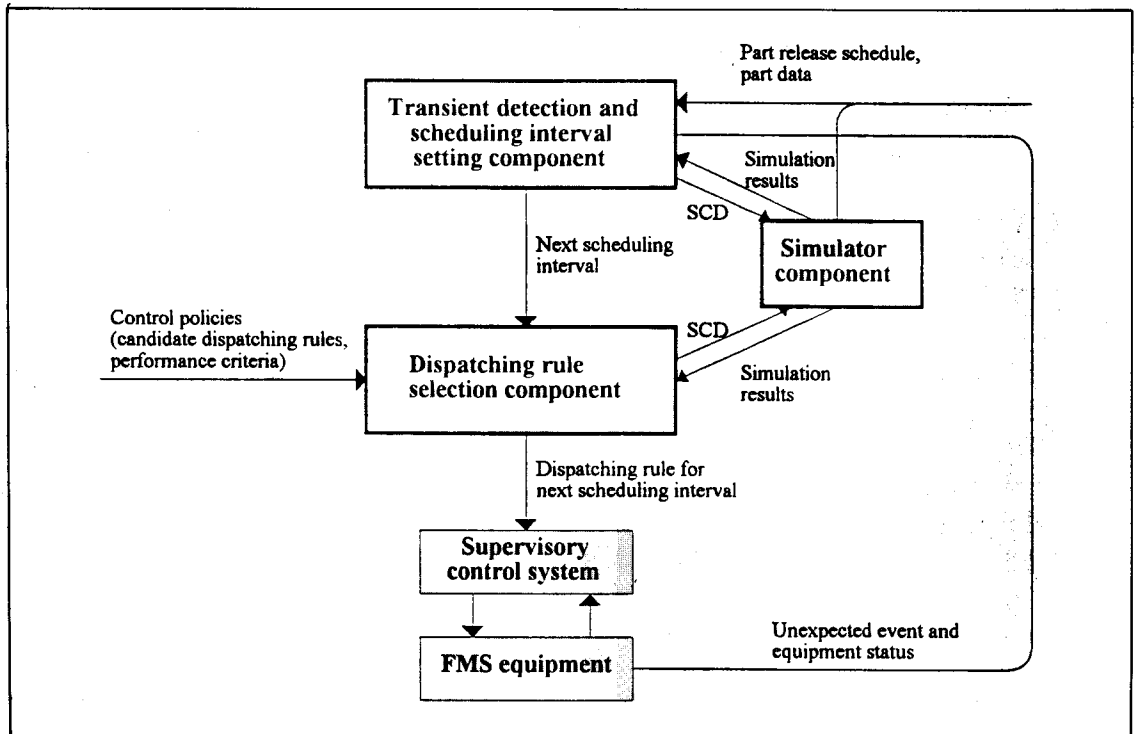


그림 3. Dispatching rule을 이용한 실시간 일정계획시스템의 구조[Ishii, 1991]

나 최근의 접근방법이 갖는 차이점은 스케줄링시점에서의 현장상황을 시뮬레이션 모델에 반영하여 dispatching rule의 평가에 사용한다는 것이다. 여기에다가 시뮬레이션의 결과를 분석하여 최선의 dispatching rule을 선택하는 expert system을 추가시킨 방법도 발표되고 있다. 그림 2는 dispatching rule을 사용하는 운영시스템의 통제구조를 보여주고 있다. 이 그림에서 보여주듯이 scheduler의 기능은 가장 적절한 dispatching rule을 선택해 주는 역할을 하는 것이다. 선택된 dispatching rule은 supervisory control system에 의하여 작업장을 실시간으로 통제하는데 사용된다. 현장에서 심각한 사건이 발생하면 그 정보는 scheduler에게 전달되어 새로운 dispatching rule을 선정하는 동기가 된다. 그림 3은 scheduler의 세부기능을 보여주고 있다. 시뮬레이터가 dispatching rule의 성능을 테스트하기 위한 도구로 사용되고 있음을 알 수 있다.

4.4 인공지능기법을 이용한 방법

한 가지 일정계획 방법으로서 일정계획전문가의 계획논리를 전문가시스템의 형태로 만들어서 사용하는 것이다(rule-based scheduling). 이 경우 일정 계획전문가를 확보하는 부담이 있다고 할 수 있겠다. 일정계획의 지식을 전문가에 의하지 않고 시뮬레이션을 통하여 도출해 내는 방법도 생각해 볼 수 있다. 또한 분석적인 방법의 결과를 해석하여 일정계획을 제시해 내는 rule-based system을 생각해 볼 수 있다. 앞에서 언급한 dispatching rule자체를 선택하는 rule을 갖춘 전문가시스템을 이용할 수도 있다. 뿐만아니라, 최적의 일정계획을 search하는 것을 효율적으로 guide하는 인공지능기법을 적용할 수 있다. 최근에 그 적용 사례가 많이 발표되고 있는 genetic algorithm이 대표적인 사례라고 할 수 있다. 이외에도 많은 AI를 적용한 일정계획기법들이 발표되고 있다(표 4참조). 국내에서는 선박담재일정계획[최, 1993]과 CIM의 일정계획모듈[상공부, 1993]로서 개발사례가 발표되고 있다.

표 4. 인공지능 접근방법의 일정계획기법들[이, 1994]

Constraint satisfaction problem
Constraint directed search
Rule-based scheduling
Heuristic search
Case-based reasoning
Artificial neural network
Fuzzy logic
Genetic algorithm

5. 分散化된 實時間 日程計劃

그림 1의 통제구조중 네번째의 heterarchical form에 해당되는 통제구조하에서 실시간 일정계획과 작업장통제를 수행하는 방법에 대해서 최근 활발한 연구가 진행중에 있다. 이 분야의 연구에서 제안하고 있는 일정계획의 특성은 대략 다음과 같이 요약될 수 있다.

(1) 작업장관리를 위하여 중앙통제방식을 채택하지 않고 분산체제를 채택한다.

(2) 일반적으로 오-더의 진행을 담당하는 소프트웨어(품목관리자)와 자원의 관리를 담당하는 소프트웨어(자원관리자)가 설정되고 이들은 각각 독립적인 목표와 행동양식을 갖고 있다고 가정한다.

(3) 이들 관리자를 위한 소프트웨어는 독립된 하드웨어에 장치되어 강력한 통신기능의 지원으로 negotiation논리에 근거하여 일정계획과 자원의 할당을 수행한다고 가정한다(그림 4 참조).

(4) 각 관리자는 나름대로의 지능을 갖추고 자신의 고유한 평가기준에 의한 성과를 향상시키기 위하여 최선을 다하며 그 결과 시스템 전체의 성과도 만족스러운 수준을 달성하게 된다.

(5) 이 통제구조의 최대의 장점은 예측하지 못한 사건의 돌발적인 발생에도 전체 시스템이 혼란 없이 운영될 수 있다는 것으로서 자동생산시스템의 규모가 커지게 될 때 아주 긴요한 특성이다.

아래의 표 5은 전통적인 중앙통제방식의 일정계획방식과 분산형 일정계획방식을 비교하고 있다[Shaw, 1988].

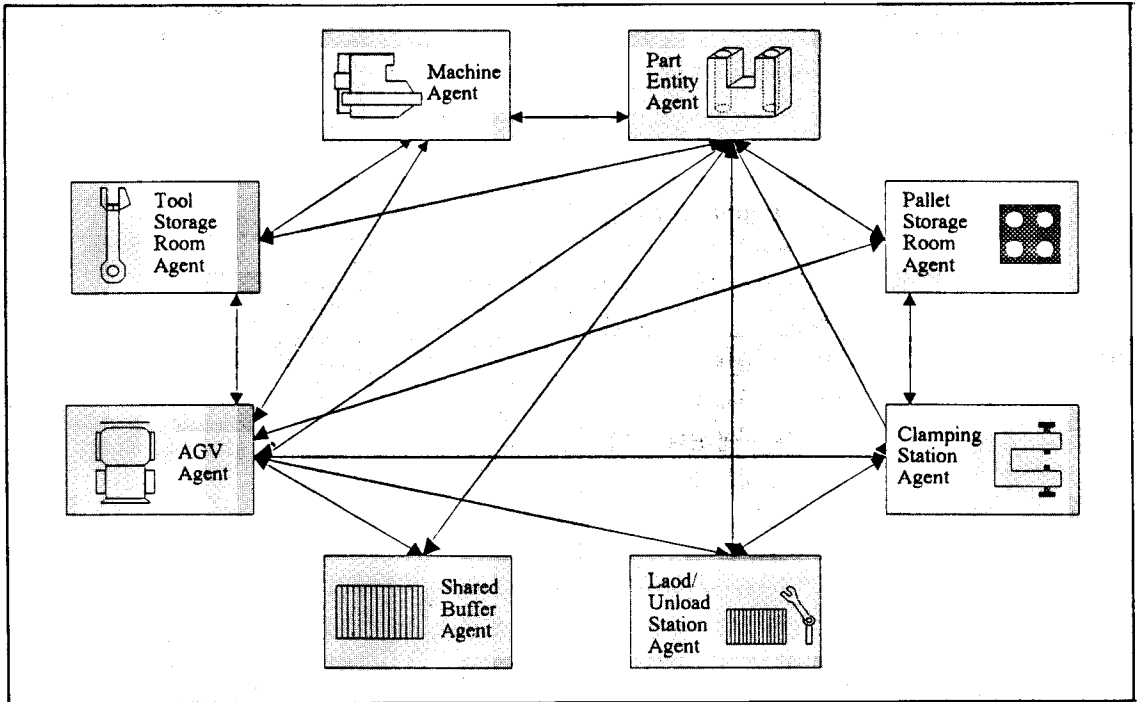


그림 4. 분산된 관리자(agent)간의 통신[Lin, 1992]

표 5. 중앙집중식과 분산형 일정계획의 비교

	중앙집중식 시스템	분산형 망 시스템
통제 구조	중앙집중식	분산, 분할식
일정계획의 집행	주 일정계획기	각 셀에서의 일정 계획기
일정계획을 위한 제어 메카니즘	일방적으로 메시지를 전달하는 주종 관계(master-slave)	메시지의 교환을 통해 조정
일정계획기의 고장에 대한 취약성	전체 시스템의 멈춤	단지 특정 셀만이 장애
제조 데이터베이스의 관리	전역 데이터베이스	분산 데이터베이스
동적 시스템 정보의 유지	통신 메시지를 통한 일정한 갱신	통신활동이 없이 로컬 갱신

이런 분산형 일정계획이나 작업장통제는 경매 방식의 negotiation 방식을 이용하는 경우가 많다. 경매절차의 일부분을 예로써 묘사해 보면 아

래와 같다.

- 1) 자원가용성 선언(resource availability announcement) : 한 작업장이 작업을 완료했을 때 담당 자원관리자는 그 작업장의 가용성을 선언하게 되는데 이때 예상시작시간, 자원의 예상가격을 모든 품목관리자에게 알려주게 된다.
- 2) 입찰안(案)의 작성 및 제출(bid Construction and Submission) : 앞의 작업장을 후보 작업장으로 생각하는 품목관리자는 자원관리자에게 입찰안을 제출한다. 입찰안에는 입찰가격, 소요자원의 양 등으로 구성된다.
- 3) 입찰안의 수집, 평가, 그리고 수락(bid collection, evaluation, and acceptance) : 해당되는 자원관리자는 모든 입찰안을 모아서 검토한 후 가장 높은 입찰가를 가진 입찰안을 수락하고 그 사실을 공포한다.
- 4) 입찰안의 거부와 입찰안의 수정(bid rejection and bid revision) : 자원관리자는 탈락된 입찰안을 공포한다. 탈락된 품목관리자는 다음번 입찰을 위해서 입찰안을 수정한다.

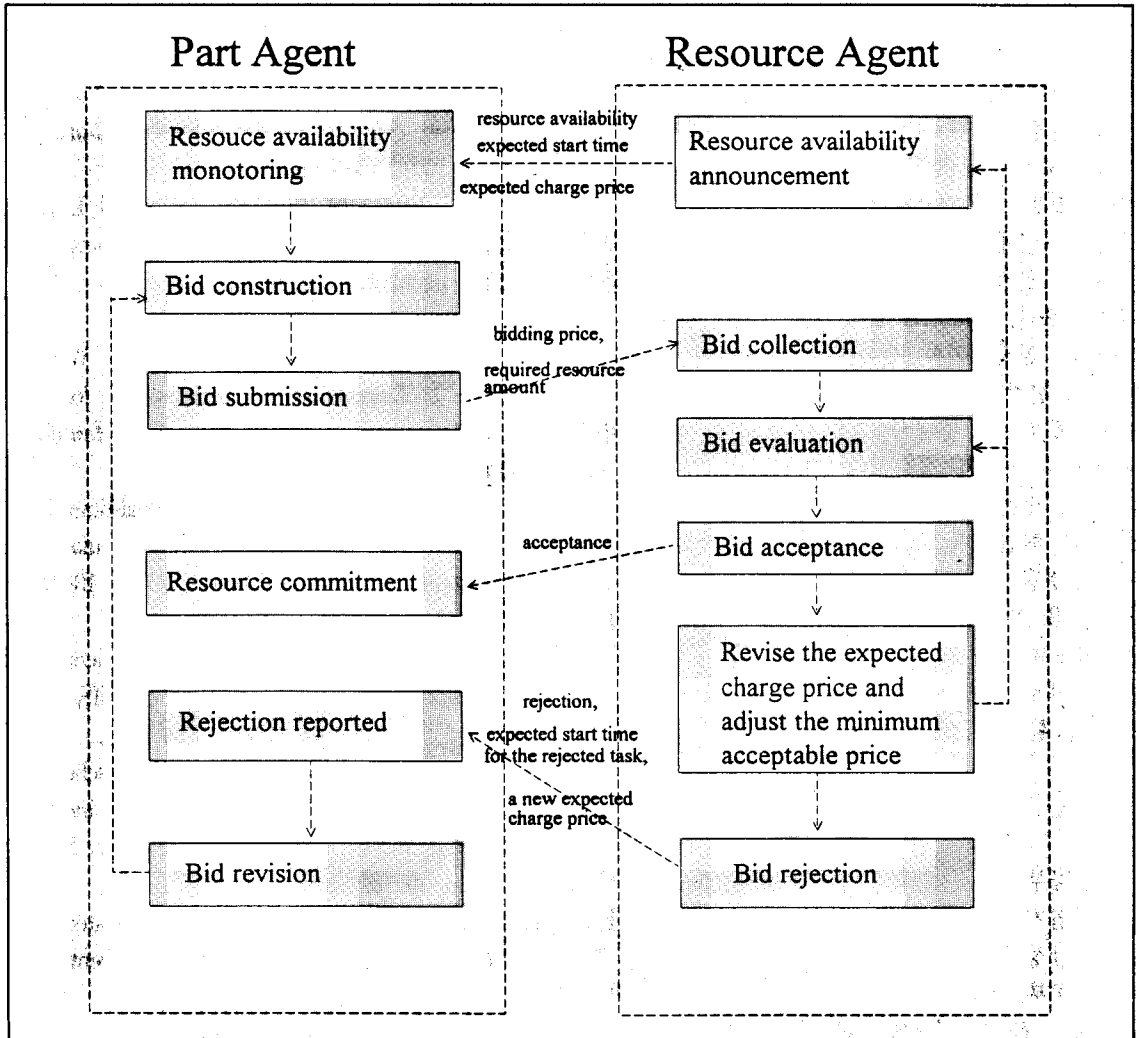


그림 5. 경매과정의 협상절차에

7. 결 론

본 글에서는 자동생산시스템에서의 여러가지 통제구조를 살펴보고 그 각각의 장단점을 분석하여 보았다. 그리고 전통적인 일정계획기법을 살펴보았는데, 그중 최적화기법, 휴리스틱기법, 시뮬레이션기법, 인공지능기법들을 살펴보고 그들 기법이 자동생산시스템에서 사용될 때 발생할 수 있는 문제점들을 분석해 보았다. 본 글에서는 동적이며 불확실성이 많은 생산현장에서 적용될 수 있는 현실적인 대안으로서 분산형 일정계획 및

작업장통제기법을 소개하였다.

이 분야연구의 앞으로의 전망을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 기존의 휴리스틱규칙(dispatching rules)을 이용하는 연구는 실용적인 측면에서 현실점에서 활용할 수 있는 대안중의 하나이기 때문에 계속 진행될 것이다. 더구나 시뮬레이션과 연결하여 look-ahead기능을 갖춘 일정계획기법의 사용이 증가되리라 예상된다.

둘째, 인공지능기법의 적용이 많아지리라 예상된다. 이는 분석적인 방법이 갖추지 못한 여러가지

논리를 표현할 수 있는 유연성을 갖고 있을 뿐만 아니라, 컴퓨터기술의 지원을 받고 있기 때문에 현실에서 작동하는 시스템으로 구현하는데 많은 유리한 점을 갖추고 있다고 할 수 있다. 따라서 앞으로도 이 분야의 접근방법을 이용한 연구가 더욱 활발해질 것으로 예상된다.

셋째, 현재까지의 일정계획에 대한 연구는 대부분이 일정계획을 처음부터 작성하는 문제를 다루었으나, 동적이고 불확실한 상황에서도 일단 작성된 일정계획의 일관성을 유지하기 위해서 상황의 변화에 대처하여 반응(reactive scheduling)하는 재계획의 문제에 대한 연구가 더 많이 이루어져야 한다고 생각한다.

넷째, 많은 현장정보를 필요로 하는 일정계획 문제를 해결하기 위해서 기존의 중앙집중식의 의사결정을 전제로 한 방식보다는 분산화된 의사결정을 전제로 하되, 전체적인 최적화를 도모할 수 있도록 통신을 이용한 협동체제를 구현할 수 있는 새로운 통제방식과 일정계획방식에 대한 연구가 활발해 질 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

1. 상공부, 인공지능을 이용한 scheduling 개발, 공업기반기술개발사업최종보고서, (주관기관 : 금성산전), 1993.
2. 상공부, CIMS(컴퓨터 통합 생산시스템) 개발에 관한 연구, 공업기반기술개발사업 최종보고서(주관기관 : 서울대학교 자동화시스템 공동연구소), 1994.
3. 이정승, 이재규, 최형립, 김호동, 조선일정계획 수정 및 통제 : DASREACT, KMIS '94추계 학술대회 논문집, 289-300, 1994.
4. 최형립, 제약조건하에서 그래프탐색을 이용한 탑재일정계획 수립에 관한 연구, 한국과학기술원 박사학위논문, 1993.

5. Basnet, C. and J. H. Mize, Scheduling and control of flexible manufacturing systems : a critical review, *Int. J. Computer Integrated Manufacturing*, 7(6), 340-355, 1994.
6. Blackstone, J. H., D. T. Phillips, and G. L. Hogg, A state-of-the-art survey of dispatching rules for manufacturing job shop operations, *Int. J. Prod. Res.*, 20(1), 27-45, 1982.
7. Dilts, D. M., N. P. Boyd, and H. H. Whorms, The evolution of control architectures for automated manufacturing systems, *J. of Manufacturing systems*, 10(1), 79-93, 1991.
8. Duffie, N. A., and V. V. Prabhu, Real-time distributed scheduling of heterarchical manufacturing systems, *J. of Manufacturing Systems*, 13(2), 94-107, 1994.
9. Ishii, N., and J. J. Talavage, A transient-based real-time scheduling algorithm in FMS, *Int. J. Prod. Res.*, 29(12), 2501-2520, 1991.
10. Rickel, J., Issues in the design of scheduling systems, *Expert systems and Intelligent manufacturing*, Michael D. Oliff, Editor, Elsevier Science Pub., 70-89, 1988.
11. Lin, G. Y. and J. J. Solberg, Integrated shop floor control using autonomous agents, *IIE Trans.*, 24(3), 57-71, 1992.
12. Shaw, M. J., Dynamic scheduling in cellular manufacturing systems : A framework for networked decision making, *J. of Manufacturing Systems*, 7(2), 83-94, 1988.
13. Stecke, K., Formulation and solution of nonlinear integer production planning problems for a flexible manufacturing systems. *Management Science*, 29, 273-288, 1983.