

시물레이션에 기초한 일정계획 시스템에서의 납기산정 절차 An Order Promising Procedure for Simulation-Based Scheduling Systems

박문원

전북 전주시 덕진구 1가 664-14 전북대학교 산업시스템공학과

최성훈

전라남도 영암군 삼호면 산호리 72번지 대불대학교 e-business 학부

이근철, 김영대

대전광역시 유성구 구성동 373-1 한국과학기술원 산업공학과

초록

본 연구는 주문형 반도체 생산공장이나 인쇄회로기판 제조공장과 같이 매우 다양한 제품들을 주문에 의해 생산하며 제조공정이 매우 길고 복잡한 생산 시스템에 대하여 다룬다. 이러한 생산 시스템은 그 특성상 APS (Advanced Planning and Scheduling)의 일정계획(scheduling) 모듈로서 시물레이션(simulation)이 유일한 대안이 되는 경우가 발생할 수 있다. 시물레이션 기법은 복잡한 상황도 대부분 묘사가 가능하기 때문에 사실적이고 실현 가능한 일정계획을 생성할 수 있다는 장점이 있는 반면 수행시간이 상당히 길다는 단점이 있다.

기업이 경쟁력을 가지기 위해서는 고객이 의뢰한 주문에 대하여 가능 납기(가능한 생산완료 시점)를 빠른 시간 내에 정확히 알려주어야만 한다. 따라서, APS 역시 "즉시 납기산정, 정시 납품"(commit now, deliver on time)을 캐치프레이즈(catch phrase)로 한다. 하지만 시물레이션은 "정시 납품"이 가능한 납기를 산정할 수 있을지는 모르지만 "즉시 납기산정"이 불가능하다. 따라서, 본 연구에서는 시물레이션에 근거한 일정계획 모듈을 가지고 있는 APS 시스템에서 납기산정을 빠르고 정확하게 할 수 있는 방법론을 제시한다. 이 방법론은 기존의 MRP II 및 ERP 시스템에서 행하던 ATP (available to promise) 혹은 CTP (capable to promise) 기법과 차별화 되며, 의뢰한 주문의 생산 착수 시점과 제조 리드타임을 합리적이고 신속하게 산출한다.

1. 서론

오늘날 고객들은 다양한 종류와 사양의 제품들을 기업에 요구하고 있다. 신상품에 대한 선호도 역시 높아지고 있으며 따라서 제품의 life cycle도 급격히 짧아지고 있는 추세이다. 이러한 상황들은 기업이 제품의 수요를 정확히 예측하기 점점 더 어렵게 만든다. 따라서, 오늘날의 많은 기업들은 수요예측을 근거로 한 계획생산방식(make-to-stock)을 포기하고 주문생산방식(make-to-order)으로 전환하게 되었다[1]. 자칫 잘못된 수요예측으로 인한 과잉생산은 악성재고로 이어지고 부족생산은 빈번한 부족고(shortage)를 야기하기 때문이다.

주문생산방식 하에서 기업은 고객들로부터 주문을 받은 후에 비로소 생산을 시작한다. 고객의 주문은 크게 i) 제품 ID, ii) 자세한 제품

사양정보, iii) 요구수량, iv) 요구납기 등으로 구성된다. 여기서 고객의 요구납기는 고객이 원하는 제품인수 시점으로서 대부분 신속한 인수를 원한다. 그런데 많은 경우 납기는 협상 혹은 조정이 가능하다. 즉, 기업은 고객의 주문에 대하여 가능한 제품인도시점을 신속히 계산해 볼 필요가 있으며 이렇게 계산된 납기를 바탕으로 고객과 납기협상 혹은 조정에 들어갈 수 있다. (이하부터는 기업이 계산한 제품인도시점을 약속납기라 부르겠다.) 고객은 기업이 제시하는 약속납기를 받아들일 수 있으면 이 날을 최종납기로 하여 주문을 하고, 그렇지 못한 경우에는 약속납기의 단축을 요구해보거나 그 주문을 포기하게 된다. 즉, 납기란 고객으로부터 일방적으로 통보 받는 입력자료라기보다는 고객과 협상이 가능한 의사결정변수라고 생각할 수 있다.

정확한 약속납기의 계산은 고객에 대한 신뢰감과 협상능력을 향상시키기 때문에 기업의 영업활동에 있어서 핵심이 될 수 있다. 만일 기업이 약속납기를 너무 보수적으로 길게 잡아 고객의 요구납기와 큰 차이를 보이게 되면 고객은 납기조정이나 협상을 포기하고 더 짧은 약속납기를 제시하는 다른 경쟁사로 떠날 가능성이 높아지기 된다. 약속납기를 너무 낙관적으로 짧게 잡으면 그 납기를 지키지 못할 가능성이 커지게 된다. 기업이 고객에게 납기를 지키지 못하면 많은 불이익을 감수하여야 한다. 일차적으로는 납기 위반에 대한 위약금을 부담하여야 하며, 나아가 기업신뢰도의 추락으로 그 고객뿐만 아닌 다른 잠재 고객들에게까지 외면 당하게 되기 때문이다.

이러한 이유로 합리적이고 과학적인 방법으로 약속납기를 제공할 수 있는 시스템이 오늘날 기업으로부터 절실히 요구되고 있다. 하지만, 기업이 약속납기를 정할 때에는 많은 어려움이 따른다. 그 이유는 생산상황(수주물량, 생산하여야 할 제품들의 product mix, 자원 및 설비의 상태, 품질문제 등)에 따라 주문의 투입일과 생산 리드타임이 수시로 바뀌기 때문이다. 따라서, 본 연구에서는 합리적인 방법으로 주문의 투입일과 생산 리드타임을 계산하여 적절한 약속납기를 고객과 영업부서에 제공할 수 있는 절차를 제시하도록 하겠다.

2. ERP 시스템에서의 납기산정의 한계

생산과정을 중심으로 정보흐름을 체계화하려는 노력은 1960년대에 등장한 자원소요계획(MRP; Material Requirements Planning)이 그 시초이다[2]. 1980년대에는 보다 현실적이면서 더욱 탄탄하고 우수한 정보를 생성할 수 있는 어플리케이션 개발에 노력이 집중되었는데, 이러한 노력은 생산자원계획(MRP II; Manufacturing Resource Planning)으로 결실을 맺었다[3]. 1990년대에 들어서자 모든 사내거래를 연계시킬 수 있는 어플리케이션 집합인 전사적 자원관리(ERP; Enterprise Resource Planning) 소프트웨어가 출현하였는데, ERP라는 용어는 미국 컨택티켓 주에 본부를 둔 정보 컨설팅 회사인 가트너 그룹이 최초로 사용하였다. 생산에 관한 올바른 의사결정을 위해서는 설계, 영업, 원가회계 등 회사 내 연관부서 업무는 물론 고객(또는 고객회사), 하청회사 등 상하위 공급체계(supply chain)까지 동시에 고려하여야 가능하다는 인식에서 ERP는 출발하였으며, 컴퓨터 산업 및 정보통신 기술의 발달로 실현이 가능하게 되었다. ERP 시스템의 크게 5가지 주요 프로세스(회계관리, 물류관리, 생산관리, 인적자원관리, 영업 및 마케팅 지원)로 구성되며 조직의 모든 사내정보자원을 효율적이고 효과적으로 관리하도록 도와서 기업의 전반적인 목표를 달성하도록 한다[4].

비록 기업운영에 대한 통찰적 시각을 제공하기는 하지만, ERP는 결코 혁명적 개념이나 새로운 아이디어가 아님을 주지하여야 한다. 그 이유는 대부분의 ERP 시스템은 생산과정을 통제하는 생산관리 프로세스로 기존의 MRP 혹은 MRP II 시스템을 그대로 채용하고 있다는 사실 때문이다. MRP와 MRP II가 1990년대에 이르기까지 생산계획 기법으로 확고한 자리를 차지하고 있기는 하지만 개발 초기부터 지금까지 불만족스러운 점을 가지고 있다. 즉, MRP에서는 자원의 능력을 고려하지 않고 자재계획과 일정계획을 수립하기 때문에, 생산 리드타임을 고정된 것으로 가정한다. 하지만 생산 리드타임은 제품들의 작업량, 생산하여야 할 제품들의 조합(product mix), 사내 및 외주 업체 자원들의 가용성, 재공재고(work-in-process) 수준 등 여러 가지 요인에 의하여 변동되므로, 고정된 리드타임을 사용하면 실현 가능한 일정계획을 수립하지 못하게 되는 경우가 자주 발생하게 된다. 비록 MRP II에서는 MRP에 의해 수립된 자재계획 및 일정계획이 실현 가능해지도록 용량소요계획(CRP; Capacity Requirement Planning) 모듈을 통하여 수정하기는 하지만 이 역시 많은 문제점들을 내포하고 있다. CRP는 각 작업장에서의 매일의 잔여작업량을 계산하여 자재 및 일정계획을 수정한다. 하지만 한 공정에서의 계획변경은 후속공정들에도 영향을 미치기 때문에 CRP는 실현 가능한 계획을 달성하기 위하여 반복적으로 수행되어야 하며, 경우에 따라서는 전체 생산계획을 다시 수립하기도 한다[5]. 이렇게 되면 초기에 수립했던 자재 및 일정계획과는 많은 차이를 보이게 되고 실현 가능한 계획을 수립하기까지 상당한 시간을 필요로 하게 된다[6].

MRP/CRP를 기본으로 하는 ERP 시스템에서는 약속납기산정에도 많은 문제점이 발생한다. 주문에 대한 정확한 납기산정의 열쇠는 그 주문의 생산완료시점을 얼마나 정확히 예측할 수 있는가에 있다. 생산완료시점을 예측하기 위해서는 주문의 생산 시스템으로의 투입 시점과 그 주문의 생산리드타임을 알아야 한다. 비록 구매 및 자재정보와의 연동, 그리고 생산 시스템의 생산용량 등을 고려하여 ERP가 주문에 대한 정확한 투입가능 시점을 산출해 낼 수 있을지는 모르지만 정확한 생산 리드타임의 산출은 앞에서 언급한 바와 같이 사실상 많은 어려움이 따른다. 즉, 고정된 리드타임을 가정하여 생산 리드타임을 산출하고 이를 이용하여 약속납기를 계산할 경우 신속하기는 하지만 그 신뢰도가 매우 떨어진다. 약속납기의 신뢰도를 높이기 위해서는 실현 가능한 계획이 수립될 때까지 기다린 이후에 납기산정을 하여야 하는데 이 경우 고객의 주문 시점과 납기를 약속하는 시점간의 차이가 너무 커지게 된다. 즉, MRP/CRP에 기초한 기존의

ERP 시스템으로는 빠른 시간 내에 고객이 신뢰할 수 있는 약속납기를 산정하는데에 한계가 있다[7].

3. APS 시스템과 납기산정

ERP의 한계와 비효율성으로 인해 보다 정확한 생산 및 일정계획 정보를 획득하기 위한 개선된 생산관리 프로세스에 대한 연구가 활발히 진행되었으며, 이러한 노력의 결실로 1990년대 말에 "진보된 생산계획 및 일정계획"이라는 의미를 가진 APS (Advanced Planning and Scheduling) 시스템이 등장하게 되었다. APS는 ERP를 대체하는 시스템은 아니며, ERP 내에서 생산계획 프로세스를 담당했던 종전의 MRP 혹은 MRP II 시스템을 대체한다. APS는 수시로 세부일정계획을 수립하여 획득되는 정보들을 바탕으로 다양한 의사결정을 처리한다. 즉, 그림 1에 나타나듯이 APS는 ERP의 자료처리 기능과 고객의 주문처리 기능, 그리고 구매 및 자재정보들을 이용하여 비현실적 가정들을 배제한 실현 가능한 세부일정계획을 생성하고 이로부터 자재계획과 주문에 대한 약속납기를 계산한다[8]. 따라서 APS의 성능은 APS가 생성하는 세부일정계획의 품질에 의해 좌우된다. 대부분의 상업용 APS 시스템들은 기존의 시스템보다 훨씬 양질의 정보를 제공하기 위하여 다양한 최적화 기법들을 채용하는데, 세부일정계획 수립을 위해서는 기본적으로 FCS (Finite Capacity Scheduling) 기법[9]을 사용하는 일정계획 방법론을 제공하며, 필요에 따라 시뮬레이션(simulation)을 기반으로 하는 일정계획 방법론을 제공하기도 한다.

FCS 기법의 장점은 신속하다는데 있다. 따라서, 생산시스템 내에 중요한 사건이 발생할 때마다(예를 들면, 주문이 들어온다던가, 주요 기계나 장비가 고장났다던가, 기타 예상치 못했던 사건이 발생할 때마다) APS가 새로운 세부일정계획을 신속히 생성하여 변화를 예측한다. 그러나, FCS는 주문형 반도체 생산공장이나 인쇄회로기판 제조공장과 같이 매우 다양한 제품들을 주문에 의해 생산을 하며 제조공정이 매우 길고 복잡할 경우 일정계획의 정확도가 떨어진다는 단점이 있다. 이러한 복잡한 공장들은 대체로 다음과 같은 특성을 보인다.

- i. 제품 종류가 매우 많고 수요예측이 거의 불가능하기 때문에 주문을 받은 후에 비로소 생산에 착수한다(100% make-to-order base).
- ii. 로트 생산(lot production) 방식으로 생산을 하며, 로트의 제조공정(routing)이 길고 로트 합치(lot merge) 및 로트 분리(lot split)가 발생한다.

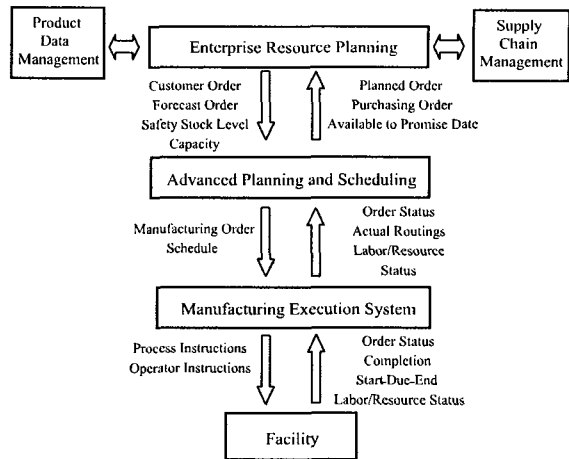


그림 1. APS and MES in the ERP framework

iii. 생산 시스템은 흐름공정의 형태를 띄지만 하나의 공정에 여러 대의 기계가 병렬로 존재하는 경우가 있으며 로트가 일련의 공정들을 반복하여 지나갈 수 있다(e.g., reentrant flow shop with parallel machines).

iv. 병목공정이 주문 받은 제품들의 조합(product mix)에 따라 수시로 바뀐다.

v. 불량률이 높고 일부 혹은 전체 로트에 대하여 재작업과 재주문이 수시로 발생한다.

vi. 몇가지 자재로부터 다양한 제품이 만들어진다.

일정계획 시스템이란 공장에서 실제로 생산이 이뤄지는 동안 무슨 일이 일어날지를 미리 예측해보는 기능을 수행한다. 그런데 위와 같이 복잡한 공장에서는 생산 시 어떤 일이 일어날 지 예측하기가 매우 힘들다. 따라서, 이 경우 비록 수행시간이 길다는 단점이 있지만 복잡한 상황도 대부분 묘사가 가능한 시뮬레이션 기법을 사용하는 것이 유일한 대안일 수 있으며, 실제로 많은 공장들에서 사용하고 있다.

약속납기의 산정이라는 관점에서 볼 때, APS는 "즉시 납기산정, 정시 인도(commit now, deliver on time)"를 추구한다[10]. 즉, 신뢰할만한 수준의 약속납기를 즉시 산정하고 일단 약속한 납기는 반드시 지킬 수 있도록 생산을 함으로써 고객 만족도를 높이겠다는 것이다. 실제로 생산 시스템이 비교적 단순하여 APS가 FCS 기법을 통하여서도 상당히 현실적인 일정계획을 생성할 수 있는 경우에는 높은 신뢰도를 가지는 약속납기 역시 신속히 산정할 수 있다. FCS는 그 속도가 매우 빠르기 때문에 고객의 주문을 입력하면 그 즉시 FCS를 통하여 주문에 대한 자세한 일정계획(detail scheduling)을 생성해보고 이를 바탕으로 믿을만한 약속납기를 신속하게 계산할 수 있

기 때문이다. 하지만 생산시스템이 복잡하여 APS가 시물레이션을 통하여 일정계획을 생성할 경우에는 긴 시물레이션 수행시간으로 인하여 "즉시 납기산정"에 어려움이 발생한다. 따라서 이 경우에는 실시간으로 납기산정을 하는 것이 아니라 주기적(보통 1일 이상의 간격)으로 이 기간동안에 모여진 주문들에 대하여 약속납기들을 동시에 산정을 하는 일괄처리(batch process)를 하게 된다. 이러한 경우에는 APS가 추구하는 commit now, deliver on time은 실현할 수 없게된다.

오늘날 많은 기업들은 보다 현실적이고 정확한 생산계획 및 일정계획을 얻기 위하여 시물레이션 기법을 선호한다. 하지만 시물레이션을 바탕으로 일정계획을 생성하는 대부분의 APS 시스템은 "즉시 납기산정" 절차를 가지고 있지 못하고 소위 "주기적 납기산정"을 수행하고 있는 실정이다. APS 개발자들은 생산시스템이 복잡하다는 이유로 APS를 도입하고자 하는 기업에 이러한 단점을 감수할 것을 강요하고 있기 때문이다. 하지만 APS 시스템을 도입하거나 도입하고자 하는 기업들의 입장에서는 이 부분이 가장 큰 부담으로 작용한다. 보다 현실적인 생산 및 일정계획이 필요하지만 영업활동의 경쟁력을 확보하기 위해서는 즉시 납기산정 역시 중요한 과제이기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 시물레이션을 바탕으로 일정계획을 생성하는 생산 시스템에서 "신뢰할 수 있는 약속납기를 즉시 산정"할 수 있는 절차를 제시한다.

4. 약속납기산정 절차

주문생산방식 하에서는 하루에도 수십 건의 주문이 의뢰되기 때문에 주문이 올 때마다 이에 대응하기 위해서는 가능한 약속납기를 신속히 계산하여야 한다. 따라서, 본 연구에서는 신속한 계산을 위하여 약속납기산정 시스템을 아래와 같이 두 개의 모듈로 구성하여 구현하였다.

- 1) 납기계산 모듈: 주문을 입력하면 즉시 가능한 약속납기를 계산한다.
- 2) 생산정보지원 모듈: 납기계산 모듈이 정확한 납기를 계산할 수 있도록 필요한 정보를 생성한다.

납기계산 모듈은 약속납기산정 시스템의 front-end로서 고객으로부터 주문이 도착할 때마다 실행되어서 주문에 대한 가능한 약속납기를 계산한다. 한편 납기계산 모듈이 신속하고 정확하게 납기를 계산하기 위해서는 다양한 생산정보들이 필요한데 이러한 정보를 생성하는 모듈이 생산정보지원 모듈이다. 즉, 생산정보지원 모듈은 납기산정 시스템의 back-end로서 납기계산 모듈을 지원한다. 이 모듈은 시물레이션에 의한 일정계획이 갱신될

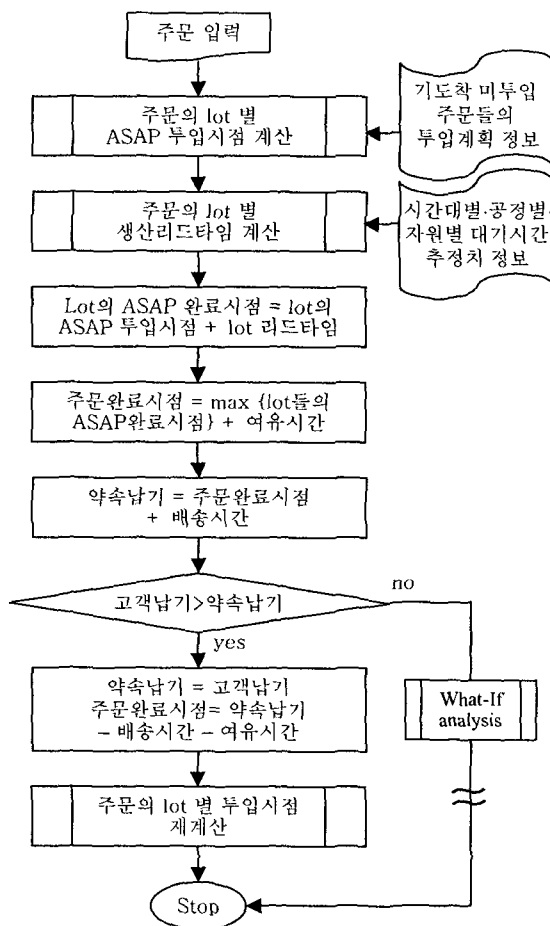


그림 2. 납기계산 모듈

때마다 실행되어지기 때문에 실행주기는 일정 계획 모듈과 일치하며 수행시간에는 거의 제약 받지 않는다는 특징이 있다.

4.1. 납기계산 모듈

납기계산 모듈의 절차는 그림 2와 같으며 주문이 입력될 때마다 실행된다. 일단 주문 입력이 완료되면 각 주문은 수량에 따라 몇 개의 lot들로 나뉘어지게되고 lot별 가장 빠른 투입가능 시점(이하 ASAP 투입시점)을 계산한다. ASAP 투입시점은 일단 이 lot의 생산에 필요한 원자재들의 준비완료 시점보다 빠를 수는 없다. 자재들의 예상 준비완료 시점은 ERP와 같은 정보시스템의 BOM 정보, 자재(수급정보, 구매정보 등을 이용하여 비교적 쉽게 판단할 수 있다. 그러나 자재가 준비되었다고 그 즉시 lot을 투입하는 것은 아니다. 기존에 이미 도착하였지만 아직 투입되지 않은 주문(이하 기도착 미투입 주문)들의 투입을 제쳐두고 무리해서 고려중인 lot의 투입을 앞당기면 이로 인해 기존 주문들의 납기가 지연될 가능성이 높기 때문이다. 즉, 고려중인 lot의 ASAP

투입시점은 기도착 미투입 주문들의 투입계획을 지연시키지 않는 범위 내에서 투입이 가능한 가장 빠른 시점이 된다. 만일 요구 수량이 많아서 하나의 주문이 몇 개의 lot들로 나뉘게 되면 각 lot들의 ASAP 투입시점은 다를 수 있다.

일단 주문을 구성하는 각 lot들의 ASAP 투입시점들이 결정되면 납기계산 모듈은 각 lot들의 생산 리드타임을 계산한다. 생산 리드타임은 해당 주문이 거치는 공정들에서의 순수 제조시간들과 그 공정들에서의 대기시간들의 합이다. 여기서 순수 제조시간은 기준정보의 하나인 process plan 정보로부터 쉽게 구할 수 있으나 대기시간은 시간에 따라 변하는 동적 정보이기 때문에 예측하기에 매우 어렵다. 따라서 납기계산 모듈은 생산정보지원 모듈이 제공하는 시간대별·공정별·자원별 대기시간의 추정치 정보와 기준정보의 하나인 제조공정(routing) 정보를 이용하여 해당 lot의 공정 대기시간을 추정한다. 시간대별·공정별·자원별 대기시간 추정치를 생성하는 방법에 대해서는 생산정보지원 모듈에서 설명하겠다.

Lot의 가능한 가장 빠른 생산완료 시점(이하 ASAP 완료시점)은 그 lot의 ASAP 투입시점에 생산 리드타임을 더한 값이 된다. 하나의 주문을 구성하는 모든 lot들의 ASAP 완료시점이 구해지면 이들 중 가장 큰 값에 여유시간을 더한 값을 그 주문의 완료시점으로 한다. 이 시간에 배송시간을 더하면 기업이 고객에게 제시하는 약속납기가 된다. 만일 고객의 요구납기가 산정한 약속납기보다 클 경우에는 약속납기를 고객의 요구납기로 설정하고 주문은 고객의 요구대로 받아들여지게 된다. 만일 고객의 요구납기가 약속납기보다 짧을 경우 기업은 고객에게 실제로 제품인도가 가능한 약속납기를 알려주게 된다. 고객이 기업이 제시하는 약속납기를 수용할 수 있을 경우에는 그 주문은 확정되고 최종납기를 기업이 제시하는 약속납기로 설정할 수 있게 된다. 만일 고객이 약속납기를 수용할 수 없을 경우에는 what-if analysis를 통하여 기업은 새로운 제시를 할 수도 있으며 고객과의 협상과정에 들어가게 된다. 그 결과 주문포기, 납기협상, 주문량 조정 등 다양한 형태의 의사결정사항이 고객과 기업 쌍방간에 발생할 수 있는데, 이에 대한 논의는 본 연구의 범위를 벗어나므로 생략하도록 한다.

4.2. 생산정보지원 모듈

생산정보지원 모듈은 다음의 2가지 정보를 납기계산 모듈로 전송한다.

- 기도착 미투입 주문들의 투입계획 정보
- 시간대별·공정별·자원별 대기시간의 추정치 정보

여기서 a) 항의 미투입 주문들의 투입계획 정보는 시뮬레이션이 생성한 상세 일정계획정보로부터 바로 얻을 수 있다. 즉, 각 주문이 투입되는 투입공정에서의 착공시간이 바로 해당 주문의 투입시간이 되는 것이다. 하지만 b) 항의 시간대별 공정별 자원별 대기시간의 추정치를 구하기 위해서는 많은 노력이 필요하다. 그 이유는 이 정보를 알기 위해서는 시뮬레이션이 자원별로 event가 발생하는 시점마다 그 자원에 할당된 대기물량들을 모두 수행하는데 필요한 작업부하를 산출해야하기 때문이다. 여기서 각 자원에서 발생할 수 있는 event들을 정리해보면 다음과 같다.

- 새로운 lot의 도착
- 처리 중이던 lot의 완공
- lot 완공 후 다른 lot의 착공
- 자원의 고장
- 자원의 수리완료
- 자원의 유지보수, 휴식, 휴무 등의 이유로 가동중지
- 자원의 가동 시작 등

이렇게 산출된 자원의 event 발생 시점별 작업부하는 다시 시간대별로 요약이 되어 DB 테이블에 저장되어져 납기계산 모듈로 전송된다. 그런데 대부분의 시뮬레이션 소프트웨어들은 이러한 정보를 제공하지 않기 때문에 시뮬레이션 모델에 별도의 하드코딩 추가가 필요하다.

생산정보지원 모듈은 가장 최근에 실행된 시뮬레이션의 결과물로부터 정보를 획득하여 야만 가장 높은 정확도의 데이터를 생성할 수 있다. 따라서 생산정보지원 모듈은 시뮬레이션이 실행된 직후에 실행된다. 따라서 생산정보지원 모듈의 수행주기는 시뮬레이션 실행주기와 동일해지게 된다.

5. 결론

본 연구에서 제시한 납기산정 절차는 L전자 인쇄회로기판 제조업체에 구현되었는데, 하나의 lot에 대하여 ASAP 완료시점을 구하는데 15초 이하가 소요되었으며, 하나의 주문에 대해서는 길어야 2분 이내에 약속납기를 제시해 줄 수 있었다. 또한, 기존의 고정된 생산 리드타임 기반 납기산정 시스템을 사용하는 것보다 적어도 700% 이상의 정확도 향상결과를 가져왔다.

참고문헌

- AMR Research Group, "Supply Chain Strategies Outlook", The Report on Supply Chain Management, AMR Research, January 1998.

2. Orlicky, J., Material Requirements Planning, McGraw-Hill, New York, 1975.
3. Riggs, J., Production Systems; Planning, Analysis, and Control, 4th Edition, John Wiley & Sons, New York, 1987.
4. Norris, G., Hurley, J., Hartley, K., Dunleavy, J., and Balls, J., E-Business and ERP: Transforming the Enterprise, John Wiley & Sons, New York, 2000.
5. Sharma, K., "Adding Intelligence to MRP Systems", APICS- The Performance Advantage, 3, pp. 53-58, 1993
6. Lalsare, P. and Sen, S., "Evaluating Backward Scheduling and Sequencing Rules for an Assembly Shop Environment", Production and Inventory Management Journal, 36, pp. 71-78, 1995.
7. AMR Research Group, "APS: Is it as goods as it sounds?", The Report on Supply Chain Management, AMR Research, September 1998.
8. AMR Research Group, "Supply Chain Planning- Where do you start?", The Report on Supply Chain Management, AMR Research, March 1998.
9. Wortman, J., Euwe, M., Taal, M., and Wiers, V., "A Review of Capacity Planning Techniques within Standard Software Packages", Production Planning and Control 7, pp. 117-128, 1996.
10. Turbide, D., 경일정보기술 번역, "생산계획의 신개념 APS", Production Solutions, 1998.