

TFT-LCD 공장의 생산계획 수립에 관한 연구

나혁준¹ · 백종관^{2*} · 김성식¹

¹고려대학교 산업시스템정보공학과/ ²고려대학교 정보통신기술공동연구소

A Study of Production Scheduling Scheme in TFT-LCD Factory

Hyuk-Jun Na¹ · Jong-Kwan Baek² · Sung-Shick Kim¹

¹Department of Industrial Systems and Information Engineering, Korea University, Seoul, 136-701

²Research Institute for Information and Communication Technology, Korea University, Seoul, 136-701

In this study we consider the problem of production planning of TFT-LCD(Thin Film Transistor - Liquid Crystal Display) production factory. Due to the complexities of the TFT-LCD production processes, it is difficult to schedule the production planning, and the study about automated scheduler is insufficient. In addition, the existing production method is a Push-System to raise the operation rate with expensive equipment, that has the problem to satisfy the due-date. This study presents an algorithm having a concept of Pull-System that satisfies the due-date and considers specialties of TFT-LCD production process. We make MPS(Master Production Schedule) according to the sales order, and present algorithms for scheduling about In/Out plan considering factory capacity, line balancing, material requirement, and inventory level of all Array, Cell, and Module processes. These algorithms are integrated as an automated production system, and we implement them in the actual TFT-LCD factory circumstance.

Keywords: scheduling, TFT-LCD, Due-date, Pull-System, TFT-LCD planner

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

박막 트랜지스터 액정 표시장치(TFT-LCD ; Thin Film Transistor - Liquid Crystal Display)는 저소비전력 및 공간절약의 장점을 가지고 있으며, 노트북이나 모니터뿐만 아니라 이동전화단말기, 개인휴대단말기(PDA ; Personal Digital Assistance) 등에 그 수요가 계속 증가하고 있다. 우리나라는 현재 반도체에 이어 TFT-LCD의 세계 최대 생산국으로 등극함으로써 칩(Chip)과 디스플레이로 요약되는 미래 전자정보산업을 주도적으로 이끌 자격을 갖추게 되었다. 하지만 일본, 대만과의 치열한 경쟁과 최근 엄청난 투자를 하고 있는 중국 및 동남아시아 여러 국가들의 거센 도전에 국내 디스플레이 산업의 미래가 무조건 낙

관적인 것은 아니다.

이렇듯이 현재 TFT-LCD 시장은 치열한 경쟁 상황 속에 있으며, 고객들은 다양한 제품 종류에 대해 짧은 인도기간을 요구하며 주문하고 있다. 이러한 시장 상황에서 TFT-LCD 제품에 대한 주도권을 유지하기 위해서 제일 중요한 사항은 고객의 요구에 맞게 필요한 물건을 필요한 때에 생산하는 것이다. 즉, 고객의 주문에 대한 납기 만족과 생산 공기 단축이 매우 중요하며, 이와 아울러 자동화된 소프트웨어를 통해서 고객 주문에 대한 전체 생산 시스템을 통합하여 관리하는 것이 필요하다.

그러나 기존의 TFT-LCD 생산공정은 고가 설비의 가동률을 높이고 같은 설비에서 많은 산출물을 얻기 위해 투입만을 고려하는 Push-System으로 운영되었다. Push-System은 투입 위주의 생산계획을 수립하기 때문에 주문에 대한 납기 준수면에서

*연락처: 백종관 교수, 136-701 서울시 성북구 안암동 5-1 고려대학교 부설 정보통신기술공동연구소, Fax : 02-929-5888,

e-mail : jkbaek@korea.ac.kr

2002년 5월 접수, 3회 수정 후 2002년 10월 게재 확정.

많은 문제점이 있다. 기존의 생산계획 수립 방법을 살펴보면, 우선 병목(Bottleneck) 공정의 생산능력(Capacity)을 최대한 이용할 수 있도록 주문을 할당하고, 만약 납기 지연된 주문이 발생한다면 고객과 납기 조절을 하는 식으로 생산계획이 이루어진다. 또한 제품의 종류가 많고 고객의 납기도 다양하여 수작업으로는 전체 제품에 대한 납기 고려가 불가능하여 주요 업체 순으로 우선 할당하고 나머지는 잔여 생산능력에 배분하는 생산방식을 취하고 있다. 이러한 생산방식으로는 납기 미준수 주문이 많이 발생하고, 재고 수준도 높아지게 된다.

실제 현장에서의 이러한 계획수립 업무는 주로 스프레드시트에 의한 수작업으로 이루어지기 때문에 관리자의 경험과 직관에 의하여 생산계획이 수립된다. 정보의 입력도 작업자의 기억이나 타 부서에서 주어지는 문서로 이루어지기 때문에 실시간 대응이 어렵고 자료의 신뢰성도 떨어진다. 또한 생산계획을 수립하기 위한 작업 시간도 보통 하루 정도로 길기 때문에, 여러 상황에 대한 생산계획을 수립하여 비교할 수 없을 뿐더러 계획을 조정해 보는 것도 어렵다.

따라서 새로운 생산계획은 고객이 원하는 제품을 고객이 원하는 날짜에 생산하는 Pull-System의 개념을 바탕으로 수립되는 것이 바람직하며, TFT-LCD 공정 특성을 반영하여 고가 장비의 효율적인 사용과 전체 시스템의 최적화를 동시에 만족할 수 있어야 한다. 아울러 데이터베이스와 연동하여 기존 정보와 현장 정보를 실시간으로 반영할 수 있어야 하며, 계획 수립 시간을 단축하여 주문에 대한 납기를 만족하는지에 대한 모의 실험이 가능해야 한다. 결국 이러한 조건을 만족하는 통합 생산계획 수립 소프트웨어 시스템이 필요하다.

본 논문에서는 이러한 내용들을 반영한 생산계획 시스템인 TFT-LCD Planner를 개발하였다. 이것은 최근 증가하고 있는 수탁생산(Foundry) 업체로 판매가 가능할 뿐 아니라 중국이나 동남아시아 등 신흥 생산국으로 수출도 가능하기 때문에 소프트웨어 상품으로서의 투자가치도 충분히 있다고 생각된다.

1.2 기존 연구의 고찰

TFT-LCD의 어레이 공정은 증착(Sputtering), 세정(Cleaning), 포토(Photolithography), 식각(Etching), 검사 작업이 반복적으로 일어나는 사이클링(Cycling) 생산공정을 갖는다. 이러한 사이클링 공정을 갖는 대표적인 설비로서는 반도체의 펌(Fab; Fabrication) 공정이 있다. TFT-LCD의 Array에 관한 연구는 반도체 펌 공정과의 유사성에 의해 기존 연구를 찾기 힘들며 조립 공정에 대한 연구는 Jeong(2001)이 있다. 논문에서는 TFT-LCD 공장을 어레이 공정과 조립 공정으로 구분하였으며 반도체 공장에 비해 전체 생산 관리에서 중요한 역할을 하는 조립 공정에 대하여 평균 생산 시간(Mean Flow Time)을 줄이는 것을 목표로 생산계획 수립 알고리즘을 개발하였다.

TFT-LCD 공장에 대한 연구에 비해 반도체 제조공정에 대한 연구는 많이 발표되었다. 반도체 공정에 대한 연구는 주로 공

기를 줄이고 복잡한 공정의 효율적인 운영을 위한 지침을 마련하기 위한 목적으로 연구가 진행되었으며, 가장 공기가 길고 복잡한 펌 공정을 위주로 연구되었다. 여기에는 크게 두 가지 방법이 존재하는데, 새로운 Lot을 어느 시점에 투입할 것인가를 결정하는 투입 정책(Release Policy)과 각 장비에서 어떤 Lot을 어느 시점에서 가공하게 할 것인가를 결정하는 분배 정책(Dispatching Policy)이 그것이다.

Lot 투입정책은 주어진 규칙에 의해서 Lot을 공정에 투입함으로써 안정적이고 짧은 공기를 가지게 하려는 것을 주목적으로 하며, 펌 공정의 Lot 투입 정책에 관하여 Wein(1988), Glassey(1988, 1988), Spearman(1990) 등이 연구하였다. 그러나 위와 같은 시도는 복잡한 펌 공정에서 Lot 투입에 관한 효과적인 규칙들을 제 공하기는 하였지만, 각 공정별 작업량에 대한 구체적인 제시를 하지 못하였다. Lou(1989), Fowler(1992), Weng(1993), Lee(1992), Perez(1989) 등은 펌 공정의 Lot 분배 정책에 관하여 연구하였다.

전체 반도체 공장에 대한 전반적인 연구로는 Uzsoy(1992, 1994), Leachman(1994), Johri(1993) 등이 잘 정리하였다. Leachman의 BPS(Berkeley Planning System)는 반도체 제조공정을 펌, Probe, Assembly, Test로 나누고 각 공정에 대한 특성을 고려하여 선형 계획법(LP)과 자재소요계획(MRP) 등을 적용한 생산계획 및 재재수급 시스템을 수립하였다. 반도체 산업의 특성을 살려 이를 소프트웨어 시스템으로 개발한 BPS는 그 자체로써 큰 의미가 있지만, 적용과정에서 시스템개발 측면의 많은 문제점을 안고 있기 때문에 현업에 적용되기에는 많은 수정이 필요하다(Leachman, 1994; Murty, 1995).

지금까지 반도체 공정을 위주로 사이클링이 발생하는 제조 공정에 대한 많은 연구들이 있었다. 그러나 이러한 연구들은 펌이나 어레이 공정에서 고가 설비의 가동률을 높이고 복잡한 공정의 생산지침을 제공하기 위한 Push-System의 원칙하에 생산계획을 수립하였기 때문에, 주문에 대한 납기 만족이나 전체 시스템의 고려 측면에서 많은 문제점이 있다. 반도체 공장을 Pull-System 방식으로 접근한 논문으로는 Joshi(1990), Levitt(1990) 등이 있으며 논문에서는 반도체 펌 공정에 JIT(Just-In-Time) 개념을 적용하였다.

본 연구에서는 납기 만족을 우선으로 생각하여 Pull-System의 원리를 이용하였고, 이를 펌이나 어레이 공정뿐만 아니라 모든 공정에 적용하여 전체 시스템을 고려한 생산계획을 수립하였다.

2. TFT-LCD 제조공정의 개요

2.1 전체 공정의 흐름

TFT-LCD 제조공정은 <그림 1>과 같이 크게 3개의 Shop으로 나눌 수 있다. TFT 기판을 제작하는 어레이(Array) 공정, TFT 기판과 컬러 필터 기판을 조립하여 액정을 주입하는 셀(Cell) 공정, 그리고 액정 셀에 구동회로 부분과 백 라이트 등을 조립

그림 1. TFT-LCD 공장의 전체 흐름도.

하고 최종 제품검사를 하는 모듈(Module) 공정으로 구성되어 있다. 셀 공정은 TFT 기판과 컬러 필터 기판을 조립하기 전 공정인 셀 1 공정과 조립한 뒤 공정인 셀 2 공정으로 나눌 수 있다. 컬러 필터는 자체 생산하거나 외부에서 구입하여 사용할 수 있다. 생산 시에는 어레이 공정과 같은 사이클링 공정을 가지며 본 연구에서는 외부에서 구입하는 것으로 가정하여 대상에서 제외한다.

물류 이동이 글라스(Glass) 상태로 진행되는 어레이 공정과 셀 1 공정까지는 글라스의 크기에 따라 진행되는 설비 군이 구분되어 있어 정해진 라인으로만 생산되나, 그 이후 공정인 셀 2 공정은 단순히 셀 상태로 진행됨으로 기판의 크기와는 상관없이 기판에서 분리된 여러 종류의 셀이 혼합되어 흐르게 된다.

모듈 공정의 경우는 제품의 종류에 따라 구동회로 부분을 PCB(Printed Circuit Board)에 부착하는 방법에 따라 솔더링(Soldering) 방법과 ACF(Anisotropic Conduction Film) 방법으로 나누어지고, 이 공정은 전혀 다른 라인으로 흐르게 된다.

어레이 공정에서는 여러 공정들을 필요한 레이어(Layer)의 수만큼 반복 작업을 거쳐서 TFT 기판을 생산하며, 보통 5개 이상의 레이어로 이루어져 있다. 각 레이어는 각기 다른 공정으로 이루어지며, 각 공정마다 제품 및 레이어별로 진행할 수 있는 장비군이 결정되어 있다. 이렇게 어레이 공정은 아주 복잡하고 긴 제조공정 가지고 있으며, 특히 포토(Photo) 공정에 사용되는 설비는 매우 고가이기 때문에 전체 제조공정의 병목공정이 된다.

2.2 TFT-LCD 제조공정의 특성

TFT-LCD의 공정 특성과 생산계획 수립시에 고려해야 할 사항들을 정리하면 다음과 같다.

- 어레이 공정과 셀 공정은 제품의 크기에 따라 정해진 같은 라인으로 작업이 진행되고, 모듈 공정을 거치면서 필요 부품들을 조립하여 특정 사양의 여러 제품으로 분류된다.
- 어레이 공정은 증착, 세정, 포토, 식각, 검사 등의 여러 세부 공정이 있고, 보통 이러한 공정들을 요구되는 레이어

의 수만큼 반복하여 TFT 기판이 완성되는 사이클링 공정 구조를 갖는다. 따라서 공기가 매우 길고, 공정구조가 복잡하다.

- 어레이 공정에서 커다란 Lot 단위로 진행되던 기판이 셀 공정을 통해서 모듈 공정에 필요한 크기로 절단되고, 생산계획을 수립하는 단위가 개별 제품 수로 바뀌게 된다.
- 각 공정은 생산되는 제품의 종류에 따라 여러 라인으로 구성되어 있으며, 납기를 만족하는 범위 내에서 라인 밸런싱을 만족하는 생산계획을 수립하는 것이 중요하다.
- 생산준비시간을 줄이기 위해 납기를 만족하는 범위 내에서 동일 제품을 연속해서 투입할 수 있는 생산계획이 필요하다.
- 공장 가동률을 일정 수준으로 유지하거나 신제품 개발을 위하여 판매계획 외의 제품 투입이 필요하다. 이런 제품을 타깃 제품이라고 하며 판매계획에 대한 생산계획을 수립한 후 남은 생산능력 범위 내에서 투입한다.
- 생산능력 계산시 PM(Preventive Maintenance) 계획을 고려하여 판매계획에 대한 할당 전에 생산능력을 감하여 준다.
- TFT-LCD는 생산기간이 비교적 길기 때문에 생산계획 수립시에는 기존계획을 반영하고, 계획대상구간을 앞으로 전진시켜 계획과정을 끊임없이 반복한다.

3. 생산계획 시스템 전체 구조

3.1 Pull-System에 의한 생산계획

본 논문에서 개발한 생산계획 시스템은 판매계획에 대한 납기준수를 최우선 목표로 Pull-System의 개념하에 MPS와 어레이, 셀, 모듈 공정 각각의 생산계획을 수립한다. Pull-System은 '필요한 물건을 필요한 때에 필요한 양만큼' 생산하는 것이며, 이러한 개념은 MPS에서부터 전체 공정의 생산계획 수립에 반영된다. MPS는 Pull-System의 개념하에 판매계획의 납기를 기준 후진전개방식(Backward)으로 일별 생산수량을 결정하고, 이렇게 결정된 MPS의 생산수량과 납기는 TFT-LCD 생산의 마지막 공정인 모듈 공정의 생산목표가 된다. 모듈 공정은 MPS에서 수립된 생산수량과 납기를 맞추기 위해 같은 방법으로 후진전개방식의 일별 생산계획을 수립하며, 리드타임을 고려하여 모듈 공정의 투입계획을 수립할 수 있다. 이렇게 결정된 모듈 공정에서의 투입량과 투입시점은 셀 공정에서의 생산량과 납기가 되고, 이러한 생산량과 납기를 맞추기 위한 셀 공정에서의 투입계획을 수립한다. 같은 방법으로 셀 공정의 투입량과 투입시점은 어레이 공정의 생산량과 납기가 되고, 이러한 생산량과 납기를 맞추기 위한 어레이 공정의 투입계획을 수립할 수 있다. 이렇게 전체 시스템은 판매계획을 준수하기 위하여 Pull-System의 개념으로 MPS에서부터 실제 생산공정의 역순인 모듈, 셀, 어레이 공정 순서로 생산계획이 이루어지고, 개별

그림 2. Pull-System 개념의 생산계획.

공정에서의 생산계획 역시 각 공정의 납기를 기준으로 후진전개방식의 생산계획을 수립하여 각 공정별 납기를 정하여 나간다. 각 공정별 납기를 모두 준수하였을 때 판매계획의 납기도 준수할 수 있게 된다. <그림 2>는 Pull-System에 의한 생산방식을 잘 설명하고 있다.

수주/영업부에서는 A제품에 대하여 12월 30일에 50개의 판매계획을 수립하고 그 결과를 TFT-LCD Planner에 입력하였다. TFT-LCD Planner는 먼저 판매계획의 수량과 납기를 만족하기 위하여, 12월 30일에서부터 생산능력 등을 고려하여 후진전개방식으로 일별 MPS를 수립한다. 이렇게 하여 12월 26일부터 12월 30일까지 일별 10개씩의 MPS가 수립되었고, 이 결과는 전체 공정의 가장 마지막 공정인 모듈 공정의 생산 목표가 된다. 모듈 공정은 생산능력과 리드타임 등을 고려하여 후진전개방식으로 12월 25일부터 12월 29일까지 일별 10개씩의 투입계획을 수립하였고, 이 결과는 셀 공정의 생산 목표가 된다. 같은 방법으로 셀, 어레이 공정의 투입계획이 수립된다.

그러나 앞에서 제시한 계획만으로 생산계획을 확정하기에는 문제점이 있다. TFT-LCD는 어레이 공정에서 실제 생산이 시작되고, 여러 생산공정 중에서 어레이 공정이 사이클링 공정 특성으로 제조 공기가 가장 길고 복잡하다. 따라서 어레이, 셀, 모듈 공정 순으로 생산계획을 확정할 필요가 있다. 먼저 어레이 공정에서는 셀 임시계획에서 수립된 생산량과 납기를 준수하기 위한 어레이 공정의 상세한 생산계획을 확정하며, 차례로 후속 공정의 생산계획을 확정해 나간다. 즉, 어레이 공정에서 투입/산출계획이 확정되면, 그 산출계획의 결과를 보고 셀 공정에서 투입계획을 수립하게 된다. 또 셀 공정의 투입/산출계획이 확정되면, 그 결과를 보고 모듈 공정의 투입/산출계획을 확정할 수 있다.

그림 3. TFT-LCD Planner의 구조.

3.2 생산계획 전체 흐름

앞에서 설명한 것처럼 TFT-LCD 공장의 생산계획은 판매계획이 입력되어 MPS가 수립되면, 임시계획과 확정계획의 두 가지 단계를 거쳐서 어레이, 셀, 모듈 공정의 투입/산출계획을 수립한다. 이러한 흐름은 <그림 3>에 잘 나타나 있다.

TFT-LCD 공장의 전체 생산계획 흐름에 대하여 정리하면 다음과 같다.

0 단계 : 판매계획 입력, 기준정보 구축

1 단계 : MPS 수립

2 단계 : 임시계획 수립

2-1 단계 : 모듈 임시계획 수립

2-2 단계 : 셀 임시계획 수립

3 단계 : 확정계획 수립

3-1 단계 : 어레이 확정계획 수립

3-2 단계 : 셀 확정계획 수립

3-3 단계 : 모듈 확정계획 수립

0 단계는 계획 준비 단계로써, 수주/영업부에서 수립된 판매계획을 입력하고 생산계획에 필요한 기준정보를 구축하는 단계이다. 판매계획에는 주문자, 제품, 수량, 납기에 관한 정보가 포함되어 있다. 때로는 공장 가동률을 일정 수준으로 유지하거나 신제품 개발을 목적으로 판매계획과 무관하게 제품을 생산라인에 투입하는 경우도 있으며, 이를 타깃 제품(Target

Product)이라고 한다. 타겟 제품에 대한 정보도 판매계획과 함께 주어진다. 기준정보에는 작업달력(Work Calendar), 고객정보, 각 Shop별 생산능력(Capacity), 가동률(Utilization) 같은 공장 운영 정보, BOM, 리드타임(Lead Time), 수율(Yield)과 같은 제품 정보와 자재 입고 계획, 반제품/완제품 재고량과 같은 자재/재고 정보 등이 있다. 생산계획 수립시에는 생산계획 수립에 필요한 여러 정보들의 정확도가 매우 중요하며, 현재 공장상황을 반영한 정확한 데이터베이스의 구축이 선행되어야 한다.

1 단계는 MPS 수립 단계로써, 입력된 판매계획의 주문량과 납기를 준수하기 위하여 최종제품의 산출계획을 수립하는 단계이다. MPS를 통해서 일간 생산계획 및 월간 생산계획이 산출되며, 일간 생산계획의 결과는 최종제품의 산출량과 산출시점의 형태로서 공장의 생산목표가 된다. MPS는 Pull-System의 개념하에 입력된 판매계획의 납기를 기준으로 후진전개방식의 생산계획을 수립한다. 즉, 공장 생산능력의 범위에서 납기에서부터 후진전개방식으로 일간 생산량을 할당하며, 라인 밸런싱을 고려하여 각 공정의 라인별로 균등한 생산계획이 수립되도록 한다. 이렇게 생성된 MPS의 결과는 모듈 공정의 생산목표가 되고, 모듈 공정에서는 MPS에서 결정된 생산량과 납기를 준수하기 위한 생산계획을 수립하게 된다.

2 단계는 임시계획 수립 단계로써, MPS에서 수립된 생산량과 납기를 준수하기 위하여 모듈 임시계획을 수립하고, 모듈 임시계획의 결과를 준수하기 위하여 셀 임시계획을 수립하는 단계이다. 모듈 임시계획에서는 MPS의 납기를 기준으로 후진전개방식을 이용하여 안전리드타임만큼 거꾸로 이동하여 LST(Latest Start Time)를 결정하고, 그 시점에서의 투입량을 결정한다. 모듈 임시계획의 투입량과 LST는 셀 공정의 산출량과 납기가 된다. 마찬가지로 셀 임시계획에서는 모듈 임시계획의 납기를 기준으로 후진전개방식을 이용하여 LST를 결정하고, 그 시점에서의 투입량을 결정한다. 역시 셀 임시계획의 투입량과 LST는 어레이 공정의 산출량과 납기가 된다. 이렇게 임시계획은 Pull-System의 개념하에 실제 생산의 역순으로 계획이 이루어지고, 각 공정별 임시계획을 수립할 때에도 각 공정의 납기를 기준으로 후진전개방식으로 생산계획을 수립한다. 추가적으로 임시계획 수립시에 납기를 어기지 않는 범위 내에서 라인 밸런싱과 생산준비시간을 고려한 생산계획을 수립할 수 있다.

3 단계는 확정계획 수립 단계로써, 어레이, 셀, 모듈 공정의 확정계획을 수립하는 단계이다. 확정계획은 어레이, 셀, 모듈 공정 순서로 수립하는데, 어레이 공정이 사이클링 공정 특성으로 인해 가장 복잡하고 긴 공정 특성을 갖기 때문이다. 어레이 공정의 확정계획은 셀 임시계획에서 수립된 투입량과 LST를 어레이 공정의 산출량과 납기로 보고 생산계획을 세운다.

어레이 공정의 생산능력과 사이클링 공정 특성을 반영하여 투입계획과 산출계획을 수립한다. 어레이 확정계획의 산출계획 결과는 셀 확정계획의 입력자료가 되고, 어레이 산출계획의 결과를 셀 공정의 생산능력 등을 고려하여 투입계획을 수

립한다. 셀 확정계획의 투입계획에서 리드타임과 수율 등을 고려하여 셀 확정계획의 산출계획을 수립할 수 있으며, 마찬가지로 모듈 공정의 투입/산출계획을 확정할 수 있다.

이런 단계를 거쳐 MPS를 비롯하여 어레이, 셀, 모듈 공정의 투입/산출계획이 수립되었다. 최종 계획 결과에 따라 판매계획에 대한 준수 여부를 수주/영업부에 알리게 되고, 필요한 경우 계획 조정을 거쳐 전체 생산계획을 확정한다. 이렇게 수립된 각 공정별 투입/산출계획으로 실제 생산이 이루어지고, 생산계획을 실행한 결과는 다시 MES(Manufacturing Execution System)를 통하여 실적정보에 반영되어 다음 계획 수립시 입력자료가 된다. <그림 4>는 TFT-LCD 생산계획의 흐름을 정리한 그림이다.

4. 생산계획 세부 알고리즘

4.1 MPS 수립

MPS의 역할은 입력된 판매계획의 주문량과 납기를 맞추기 위하여 최종제품의 산출계획을 수립하는 것으로서, MPS에서 수립된 생산량과 납기는 모듈 공정의 생산목표가 된다. 또, MPS는 최종제품의 생산계획 결과를 보고 수주/영업부에 최종 가능 납기를 회신하며, 계획 조정을 거쳐 판매계획의 생산량과 납기를 확정하는 부분으로 전체 생산계획 시스템의 중심이 된다.

MPS를 수립하기 위한 고려사항은 판매계획, 생산능력, 작업달력, 제품 정보, 자재 재고량과 자재 입고 계획 등이 있다. MPS는 작업달력에서 명시된 생산 가능일에 입력된 판매계획의 납기를 기준으로 공장 생산능력의 범위 내에서 후진전개방식으로 할당한다. MPS는 제품의 링크 정보를 통하여 생산하고자 하는 제품이 어느 공정의 어떤 라인에서 생산되는지 파악하고, 납기를 맞추는 범위 내에서 라인 밸런싱을 유지하기 위해 각 공정의 라인별로 균등한 생산계획을 수립한다. 또, MPS는 자재 재고량과 자재 입고 계획을 파악하여 자재 발주 계획을 수립하고, 자재의 범위 내에서 MPS를 수립한다.

MPS에서 각 공정의 생산능력을 고려할 때에는, MPS 산출시점에서 어레이, 셀, 모듈 공정별로 공정별 리드타임을 고려한 생산능력을 반영하여야 한다. 예를 들어 <그림 5>에서 어레이, 셀, 모듈 공정 각각의 리드타임이 6일, 3일, 3일이라고 하면, 계획 시작일로부터 20일째에 산출되어야 할 MPS의 일간 생산수량은 리드타임을 고려하여 각각 17일째, 14일째, 8일째의 모듈, 셀, 어레이 공정의 생산능력을 만족해야 한다.

[MPS 수립절차]

MPS 수립절차는 먼저 계획 기간 동안의 모든 주문에 대해 같은 납기를 갖는 주문군을 생성하고, 같은 납기를 갖는 주문을 대상으로 일간 생산계획을 수립한다. 계획기간 동안의 모든 주문에 대해 계획이 이루어졌으면 MPS 수립을 종료한다.

그림 4. TFT-LCD 생산계획의 흐름.

인 모델로 정의하기가 거의 불가능하다. 그 이유는 판매계획이 입력되면, 입력된 제품의 주문량과 가공경로를 보고 그 제품의 각 공정별 리드타임과 그 제품이 가공되는 설비의 생산능력의 소요량을 계산해야 하는데, 여러 판매계획에 대한 생산계획을 한꺼번에 수립하는 경우 그것을 구하는 과정이 매우 어렵기 때문이다. 즉, 입력된 판매계획의 여러 제품들은 각 공정별로 각기 다른 생산라인을 거쳐서 생산되고, 특히 어레이 공정의 경우 사이클링 공정 특성으로 그 제품의 실제 리드타임과 필요한 설비의 생산능력을 계산하기에 매우 복잡한 공정 구조를 가지고 있다.

그림 5. 각 공정별 리드타임을 고려한 MPS 수립.

주요 자재의 입고 일정을 고려하여 자재 부족 현상이 발생하지 않도록 하고, 각 Shop의 생산능력을 고려하여 계획을 수립한다. MPS의 일간 생산계획은 주어진 납기 이내에 모든 제품이 생산되도록 하는 것을 최우선 목표로 하며, 납기를 어기지 않는 범위 내에서 모든 공정의 일별 라인 밸런싱을 만족하도록 한다.

TFT-LCD 생산 공정의 경우 이러한 MPS 수립절차를 수리적

MPS 수립의 첫 번째 단계는 각 공정의 라인별로 주어진 생산능력정보를 이용하여 라인별 밸런싱이 이루어지도록 생산계획을 수립하기 위한 라인별 이상적인 제품 할당량을 구하는 것이다. 생산 제품의 이상적 일일 생산 비율(IDPR; Ideal Daily Production Rate)과 이상적 일일 생산수량(IDPQ; Ideal Daily Production Quantity)을 결정해야 한다.

IDPR은 모듈에서 생산하는 제품이 어레이의 한 라인에만 집중되지 않도록 하기 위한 비율로서 IDPR에 의해 모듈에서 생산을 하면 어레이의 각 라인에 대한 라인 밸런스를 유지할 수

있다. 즉, 어레이와 모듈 생산라인에 대한 라인 밸런스를 유지하기 위하여 하루에 생산해야 하는 각 제품의 비율을 나타내는 것으로 주문 대상 제품을 각 라인에 흘려가는 제품으로 구분한 후 공장의 하루 생산 능력에 대해 각 제품이 차지하는 비율을 계산한 것이다. IDPQ는 각 비율에 의해 계산된 하루에 생산해야 하는 각 제품의 수량이다.

두 번째 단계에서는 주어진 주문 제품들을 일별로 실제 할당을 하는 단계이다. 이 단계에서는 우선 주문 제품을 납기가 가장 빠른 순으로 주문군을 형성하고, 납기가 빠른 주문군부터 후진전개방식(Backward)으로 할당하여 계획을 수립한다. MPS 수립절차를 정리하면 다음과 같다.

- Step 1. 주문을 입력. 생산계획 기준일을 P-Date, 주문의 납기를 D-Date로 설정.
- Step 2. 동일 D-Date를 갖는 주문군을 형성.
- Step 3. IDPR과 IDPQ를 계산.
- Step 4. Step 2에서 생성된 주문군에 대해서, 계획이 이루어지지 않는 주문군 중에 납기가 가장 빠른 주문군을 선택.
- Step 5. 선택할 주문군이 존재한다면 Step 6으로 이동, 그렇지 않다면 종료.
- Step 6. IDPQ로 생산계획 수립 부분.
 - Sub 6-1. 납기일자를 기준으로 후행전진 방법으로 IDPQ에 여유가 있는 최초 일자(S-Date)를 결정.
 - Sub 6-2. S-Date이 P-Date보다 작다면 Step 7로 이동, 그렇지 않다면 Sub 6-3으로 이동.
 - Sub 6-3. S-Date에 IDPQ 수량 할당.
 - Sub 6-4. 선택된 주문군을 모두 할당하였으면 Step 4로 이동, 그렇지 않다면 S-Date를 하루 앞으로 이동하고 Sub 6-2로 이동.
- Step 7. IDPQ를 여기며, 잔여 생산능력 내에서 생산계획 수립 부분.
 - Sub 7-1. 납기일자를 기준으로 후행전진 방법으로 생산능력에 여유가 있는 새로운 S-Date를 결정.
 - Sub 7-2. 새로운 S-Date가 P-Date보다 작다면 Step 8로 이동, 그렇지 않다면 Sub 7-3으로 이동.
 - Sub 7-3. 새로운 S-Date에 잔여 생산능력 만큼 수량 할당.
 - Sub 7-4. 선택된 주문군을 모두 할당하였으면 Step 4로 이동, 그렇지 않다면 새로운 S-Date를 하루 앞으로 이동하고 Sub 7-2로 이동.
- Step 8. 납기를 여기는 생산계획 수립 부분.
 - Sub 8-1. D-Date에 최대 생산 가능 수량 할당.
 - Sub 8-2. 선택된 주문군을 모두 할당하였으면 Step 4로 이동, 그렇지 않다면 D-Date를 하루 뒤로 이동하고 Sub 8-1로 이동.

제시한 알고리즘에서 Step 6은 생산계획 기준일과 주문의 납

기 사이에서 IDPQ를 만족하면서 생산계획을 수립하는 부분이며, Step 7은 Step 6에서 만족하지 못한 주문에 대해 IDPQ를 여기면서 생산계획을 수립하는 부분이다. 주문된 제품이 가공경로별로 알맞게 배분되어 있는 경우에는 납기를 만족하면서, 일별 라인별 밸런싱을 이룰 수 있다. 그러나 그렇지 않은 주문에 대해서도 IDPQ를 지키지는 못하지만, 공장 생산능력을 최대한 발휘하여 가능한 납기 내에 생산이 이루어지도록 생산계획을 수립하도록 하고 있다. Step 8은 공장 생산능력 등이 부족하여 납기 내에 생산계획을 수립할 수 없기 때문에 납기 이후에 생산계획을 수립하는 부분이다. 이때에는 최대 생산능력만큼 할당하여 납기 미준수 일자를 줄인다.

제한한 MPS 알고리즘은 납기 준수를 만족하는 범위 내에서 라인 간의 부하 밸런스를 맞추기 위한 것으로 어레이 공정의 평준화 생산 및 설비 가동률을 높이기 위한 생산 관리 방식에도 적용할 수 있었다(Song, 2000).

4.2 모듈 임시계획 수립

모듈 임시계획에서는 MPS에서 결정된 생산량과 납기를 준수하기 위하여 모듈 공정의 임시 생산계획을 수립한다. 여기서 수립되는 계획은 선행 공정인 셀 공정에 생산 제품의 납기와 순 소요량에 관한 정보를 넘겨주기 위해 임시로 수립되는 계획이다. 모듈 공정은 부착되는 부품에 따라 무수히 많은 제품들이 생산되고, 셀 공정과 연계하여 복잡한 링크 구조를 가지고 있다. 따라서 이러한 여러 제품에 대해서 정확한 순소요량을 계산하고 라인 밸런싱을 만족하는 생산계획을 수립하여야 한다.

모듈 임시계획에서는 각 제품별 납기를 만족시키는 한도 내에서 될 수 있는 한 라인 밸런싱을 잘 해주는 것이 중요하다. 라인 밸런싱의 기준으로 라인별 할당 비율이라는 값을 사용하는데, 납기가 빠른 작업을 먼저 할당하되 같은 납기를 가지는 경우 라인별 할당비율이 낮은 라인에 해당하는 작업을 우선적으로 할당해 나가는 것을 원칙으로 한다. MPS 수립으로 이미 라인 밸런싱을 만족한 결과가 산출되었지만, 그것은 같은 납기를 갖는 제품군을 대상으로 한 대략적인 결과이다. 따라서 상세 투입계획을 수립하기 위해서는 투입시점마다 라인별 할당 상황을 고려하여야 한다.

모듈 임시계획의 전체 흐름은 먼저 일별 생산능력을 계산하고, 생산 제품의 순 소요량을 계산하고, 라인별 할당 비율을 계산하여 MPS 계획을 할당하고, 타깃 제품을 할당하는 순서로 진행된다.

4.3 임시계획 수립

셀 임시계획에서는 모듈 임시계획에서 결정된 생산량과 납기를 준수하기 위하여 셀 공정의 임시 생산계획을 수립하고, 그 계획 결과를 어레이 공정에 전달하는 역할을 한다. 셀 임시

계획에서는 어레이 공정 특성을 반영할 수 있는 셀 투입계획이 산출되어야 한다. 즉, 어레이 공정의 생산준비시간을 줄이기 위해서 납기를 어기지 않는 범위 내에 가능한 동일 제품이 연속해서 투입될 수 있도록 한다.

셀 임시계획의 전체 흐름은 먼저 일별 생산능력을 계산하고, 생산 제품의 순소요량을 계산하고, 투입 우선순위에 따라 할당함으로써 셀 임시계획을 수립한다. 할당 단계를 살펴보면, 먼저 동일한 제품들을 묶어서 작업군을 형성하고, 각 작업군 별로 생산물량과 현 재고량을 비교하여 투입 우선순위를 결정해 준다. 투입 우선순위는 다음 단계를 통해 결정된다.

- (생산물량>현재고)인 작업군이 (생산물량≤현재고)인 작업군보다 우선순위가 높다.
- (생산물량>현재고)인 작업군 중에서는 LST(Latest Start Time)가 빠른 작업군일수록 우선순위가 높다.
- (생산물량≤현재고)인 작업군 중에서는 EST(Earliest Start Time)가 빠른 작업일수록 우선순위가 높다.

EST가 고려되는 상황은 현재고가 생산물량보다 많은 경우로써 생산계획에 여유가 있음을 의미하고, EST는 생산물량 전체를 한꺼번에 연속적으로 생산할 수 있는 가장 빠른 시작시간이 된다. 따라서 EST의 개념을 이용하여 어레이 공정의 공정 특성을 반영하여, 생산준비시간을 줄일 수 있도록 동일한 제품을 연속해서 투입하는 생산계획을 수립할 수 있다.

4.4 어레이 확정계획 수립

어레이 확정계획에서는 셀 임시계획에서 수립된 생산량과 납기를 준수하기 위하여 어레이 공정의 생산계획을 확정하고, 그 계획 결과를 셀 공정에 전달하는 역할을 한다. 어레이 공정의 각 라인별/일별 생산계획을 수립하며, 각 제품별 투입량과 투입시점을 결정하고 리드타임을 고려하여 산출량과 산출시점을 계획할 수 있다. <그림 6>은 어레이 공정의 생산흐름을 나타내 그림이다.

<그림 6>에서 보듯이 어레이 공정은 각 제품별로 매우 복잡한 생산흐름을 가지고 있다. 한 레이어는 크게 8가지 세부 공정으로 생산되며, 각 세부 공정마다 조금씩 다른 작업을 하는 설비들이 배치되어 있다. 보통 TFT 기판은 5개 이상의 레이어로 구성되어 있는데, 문제는 같은 제품이라도 각 레이어마다 다른 설비에서 작업이 이루어 질 수 있다는 데 어레이 공정의 복잡성이 있다. <그림 6>에서는 주요 세부 공정만을 명시하였고, 보통 한 제품이 완성되기 위해서는 어레이 공정에서 100번 정도의 생산 스텝을 거쳐야 한다. 따라서 어레이 공정은 사이클링이 존재하는 대단위 Job Shop 문제로 정의할 수 있으며, 이 문제는 수식적으로 접근하거나 최적해를 구하는 알고리즘을 적용하기가 매우 곤란하다. 본 논문에서는 Back(2002)이 제시한 발견적 해법을 참고하였으며, 전체 알고리즘은 다음과

그림 6. 어레이 공정의 생산흐름.

같은 흐름을 갖는다.

[어레이 확정계획 수립절차]

어레이 확정계획의 수립절차는 다음과 같다.

- Step 1. 일별, 라인별 생산능력 계산.
- Step 2. 생산제품의 순소요량 계산.
- Step 3. 각 레이어별 세부 납기 산출.
 - Sub 3-1. 할당 주문 리스트 작성. 납기 순서로 정렬.
 - Sub 3-2. 납기가 느린 주문 선택. 마지막 레이어에 대한 포토 공정 부하 할당. 마지막 포토 공정의 납기 결정.
 - Sub 3-3. 포토 공정 이외 공정의 리드타임 만큼 전진.
 - Sub 3-4. 이전 레이어에 대한 포토 공정 부하 할당. 포토 공정의 납기 결정.
 - Sub 3-5. 주문 내 모든 레이어에 할당하였으면 Sub 3-6으로 이동, 그렇지 않다면 Sub 3-3으로 이동.
 - Sub 3-6. 모든 주문에 대해 세부 납기를 결정하였으면 Step 4로 이동, 그렇지 않다면 Sub 3-2로 이동.
- Step 4. 제품의 각 레이어에 대한 생산계획 수립
 - Sub 4-1. 작업이 시작하지 않은 레이어에 대한 리스트 작성. 이전 레이어의 작업이 완료된 작업에 관한 할당 리스트 작성. 납기 순서로 정렬.
 - Sub 4-2. 납기가 빠른 작업 투입. 투입계획 작성.
 - Sub 4-3. 산출계획 작성.
 - Sub 4-4. 다음 레이어의 생산가능 시점 산출.
 - Sub 4-5. 모든 작업에 대해 할당하였으면 Step 5로 이동, 그렇지 않다면 Sub 4-1로 이동.
- Step 5. 타깃 제품 할당.

어레이 공정의 생산계획은 생산능력 계산, 순소요량 계산, 각 레이어별 세부 납기 산출, 생산계획 할당 순서로 진행된다. Step 3를 거쳐 각 주문의 레이어별 세부 납기를 산출한 뒤에,

그림 7. 레이어별 세부 납기 산출.

Step 4를 통해 각 레이어에 대한 실제 생산계획을 수립한다.

세부 납기 산출에서는 각 주문의 납기를 어레이 공정의 병목공정인 포토 공정에 대한 납기로 계산한다. <그림 7>에서 보는 것과 같이 어레이 공정에서 PR 도포, 노광, 현상 공정이 포토 공정이 되고, 나머지 공정은 포토 이외의 공정이 된다. 납기가 가장 느린 주문에서 마지막 레이어의 포토 공정에 대한 부하를 먼저 할당하고, 그 이전 공정의 포토 공정에 대한 부하를 할당하기 위해서 포토 공정 이외 공정의 리드타임 만큼 거꾸로 전진한 후 할당한다. 만약 부하를 할당해야 하는 시점에서 포토의 생산능력이 부족하다면 이전 시점에서 생산능력이 가능한 시점을 찾아서 할당한다. 여기서 포토 이외의 작업에 대한 리드타임은 과거 데이터를 이용한 공정 평균값을 사용한다. 이렇게 모든 레이어에 대한 부하 할당이 끝나면 다음으로 납기가 느린 주문에 대해 부하를 할당한다. 모든 주문에 대한 부하 할당이 끝나면 각 레이어에서의 포토 세부 납기를 계산할 수 있다.

각 레이어별 포토에 대한 납기 산출이 끝나면 포토 공정에 대한 실제 생산계획을 수립한다. 각 작업 레이어별로 각각 다른 작업으로 고려하여 생산계획을 수립하며, 이전 레이어가 끝난 작업만이 계획 대상이 된다. 계획 대상 작업 중 납기가 가장 빠른 작업을 투입하며, 만약 납기가 같은 작업이 있을 경우 생산 가능 시점이 빠른 작업을 먼저 투입한다. 이러한 방법으로 포토 공정에 관한 생산계획을 수립하고, 포토 이외의 공정에 대한 리드타임을 산출하여 각 레이어별 생산계획을 확정할 수 있다. 이렇게 레이어별 생산계획을 더하여 한 제품에 대한 생산계획을 수립할 수 있으며, 각 제품별 생산계획을 더하여 어레이 공정에서의 생산계획을 모두 수립할 수 있다. 따라서 각 제품에 대한 어레이에서의 투입 계획 및 산출계획이 수립된다.

제안한 알고리즘은 어레이 전체 공정의 효율과 병목 공정의 효율을 높이면서 납기를 만족시키는 어레이 생산계획을 수립할 수 있었으며, 비슷한 생산 흐름을 가지는 반도체 팹 공정으로 확장하여 적용할 수도 있다(Back, 2002).

라인별, 일별 생산계획을 세운다. 어레이 확정계획에서의 산출계획은 셀 확정계획의 입력자료가 되며, 생산능력, 자재, 리드타임, 수율 정보 등을 고려하여 셀 공정의 투입/산출계획을 수립하게 된다.

셀 임시계획에서 이미 생산능력과 자재 등을 고려하여 셀 공정의 대략적인 투입계획을 수립하였지만, 어레이 공정을 거치면서 생산계획의 변동사항이 있을 수 있다. 즉 어레이 공정에서는 사이클링 공정 특성을 반영하여 주문의 각 레이어별로 정확한 생산 소요 시간을 계산하고 할당 시점에서 기존에 할당된 제품을 보고 생산계획을 수립하기 때문에, 어레이 공정에서의 산출계획은 셀 임시계획 결과와 약간의 차이가 있을 수 있다. 따라서 어레이 확정계획의 산출시점에서 셀 공정의 생산능력과 자재 등을 고려하여 셀 공정의 투입계획을 확정시킨다.

셀 공정의 투입계획이 확정되면, 리드타임과 수율 정보를 고려하여 셀 공정의 산출계획을 수립할 수 있다. 이렇게 수립된 셀 확정계획의 산출계획은 다시 모듈 확정계획의 입력자료가 된다.

4.6 모듈 확정계획 수립

모듈 확정계획은 셀 확정계획과 유사한 과정을 갖는다. 모듈 확정계획에서는 셀 확정계획의 결과에 맞게 모듈의 각 라인별, 일별 생산계획을 세운다. 셀 공정에서의 산출계획은 모듈 확정계획의 입력자료가 되며, 생산능력, 자재, 리드타임, 수율 정보 등을 고려하여 모듈 공정의 투입/산출계획을 수립하게 된다.

모듈 공정 역시 임시계획에서 생산능력과 자재 등을 고려한 대략적인 투입계획을 수립하였지만, 선행 공정을 거치면서 계획의 변동사항이 있을 수 있다. 셀 확정계획의 산출시점에서 모듈 공정의 생산능력과 자재 등을 고려하여 모듈 공정의 투입계획을 확정시킨다. 모듈 공정의 최종 생산품은 그 종류가 다양하고, 많은 자재가 필요하기 때문에 자재 재고와 자재 입고 계획을 정확히 반영한 생산계획이 수립되어야 한다.

모듈 공정의 투입계획이 확정되면, 리드타임과 수율 정보를 고려하여 모듈 공정의 산출계획을 수립할 수 있다. 이렇게 모듈 확정계획의 투입/산출계획이 수립되었으면 전체 공정의 세부 생산계획 역시 모두 수립되었다. 최종적으로 모듈 공정의 계획 결과가 MPS에서 수립한 계획 결과와 일치하는지 확인하고, 다시 그 결과를 실제 판매계획과 비교하여 생산계획을 조정하거나 확정한다.

5. 생산계획 시스템 구축

5.1 전체 시스템 구성도

4.5 셀 확정계획 수립

셀 확정계획에서는 어레이 확정계획의 결과에 맞게 셀의 각

본 논문에서는 앞에서 제시한 여러 생산계획 개념하에

CDynamicData : 변경데이터 클래스의 상위 클래스

• CList : 데이터 객체의 운용을 위한 클래스

• CIODevice : 프로그램과 데이터베이스와의 인터페이스를 위한 클래스

5.3 데이터베이스 구축

전체 시스템의 데이터베이스는 서버 클래스의 데이터 클래스 구조와 유사한 형태를 가지며, 크게 기준정보와 변동정보로 나눌 수 있다. 이 시스템은 약 30개의 데이터베이스 테이블이 있으며, <그림 10>은 주요 데이터베이스 테이블과 구성 요소들을 표현한 그림이다.

그림 8. 시스템 구성도.

TFT-LCD Planner를 구축하였다. 전체 시스템은 크게 서버, 클라이언트, 데이터베이스로 구성되어 있고, <그림 8>은 이것을 잘 나타낸 그림이다.

생산계획을 수립하는 엔진인 서버(Server)는 C++ 프로그램으로 작성하였고, 클라이언트(Client)는 비주얼 베이직 프로그램으로 작성하였으며, 데이터베이스는 Oracle 8i로 구축하였다. 클라이언트에서 서버로 생산계획을 수립, 조회, 출력할 수 있고, 계획 결과는 현장에서 사용하고 있는 스프레드 시트 형태로 출력이 가능하다.

5.2 서버 구축

생산계획을 수립하는 엔진인 서버는 C++ 프로그램의 클래스를 이용하여 구축하였다. <그림 9>는 서버의 클래스 구조를 표현한 그림이고, 각 클래스의 구성과 역할은 다음과 같다.

• CData : 모든 데이터 클래스의 상위 클래스

CStaticData : 기준데이터 클래스의 상위 클래스

5.4 클라이언트 구축

전체 시스템의 클라이언트는 비주얼 베이직 프로그램으로 구축하였다. 클라이언트의 주요 기능에는 기준 데이터 관리, 수주 관리, 자재 관리, 생산계획, 보고서 제공 등이 있으며, 그 세부 항목은 다음과 같다.

- 기준 데이터 관리 : 사용자, 고객, 모델, 제품, BOM, 장비, 자재, 작업달력 관리
- 수주 관리 : 판매계획 관리
- 자재 관리 : 자재입고계획, 자재재고 관리
- 생산계획 : 생산계획수립 및 생산계획수립 결과 조회
- 보고서 : 생산계획 결과 출력

이 시스템에는 이와 같은 기능들을 수행하기 위한 약 30개의 클라이언트 화면이 있으며, 각 화면별로 기본적으로 입력, 수정, 삭제 및 조회가 가능하다. 화면의 상단 메뉴에 있는 여러 항목들을 선택하여 데이터베이스 관리, 판매계획 입력, 자재관리 및 생산계획 수립을 하고, 계획 결과를 여러 형태의 보고서로 출력할 수 있다.

5.5 시스템 실행 예제

이렇게 구축된 TFT-LCD Planner가 어떻게 생산계획을 수립하는지 실행 절차별로 각 구성 화면을 통하여 살펴보도록 하겠다.

5.5.1 기준 데이터 구축

생산계획 수립시에는, 먼저 생산계획 수립에 필요한 여러 기준 데이터들의 구축이 선행되어야 한다. <그림 11>은 이러한 기준 데이터들 중에서 제품 정보를 조회한 화면이다. 제품 정보는 어레이, 셀 공정과 모듈 공정을 구분하여 관리하였다. 각 화면마다 기준 정보를 입력, 수정, 삭제할 수 있다.

그림 9. 시스템 서버의 클래스 구조.

5.5.2 판매계획 입력

생산계획에 필요한 모든 기준 데이터가 구축되었으면, 판매계획을 입력하여야 한다. 일반적으로 판매계획은 고객으로부

터의 실제 주문과 수요 예측을 종합하여 수립하지만, 이 시스템에서는 수주/영업부에서 판매계획이 입력된다고 가정하였고, 이것은 ERP 시스템으로부터 입력받을 수 있다. <그림 12>

드 시트 형태로 출력이 가능하다.

6. 결론 및 추후 연구

TFT-LCD는 최근 수요가 꾸준히 증가하고, 시장경쟁도 날로 치열해 지고 있다. 이러한 상황에서 다른 기업에 대한 우위를 이루기 위해서는 고객 주문에 대한 납기를 잘 만족시키는 것이 중요하다. 기존의 생산계획 방식은 고가설비인 어레이 공정의 가동률을 높이기 위한 Push-System으로 생산계획이 수립되어 주문에 대한 납기 만족에 문제가 있었다. 또 TFT-LCD 생산공정이 복잡하므로 자동화된 생산계획 소프트웨어 없이 스프레드 시트에 의한 수작업으로 생산계획을 수립하고 있었다. 본 논문에서는 공장 전체의 납기 만족을 위해 Pull-System의 개념하에 MPS, 어레이, 셀, 모듈 공정 각각의 생산계획을 수립하였고, 이를 자동화된 시스템으로 구축하였다.

본 논문에서 제시한 생산계획 수립 방법을 살펴보면 다음과 같다. 수주/영업 부서에서 입력된 판매계획의 납기와 생산량을 준수하기 위하여 납기를 기준으로 후진전개방식의 일간 MPS를 수립하고, 이렇게 결정된 MPS의 납기와 생산량을 지키기 위하여 Pull-System의 개념하에 실제 생산 흐름의 역순인 모듈, 셀, 어레이 공정 순서로 임시 생산계획을 수립한다. 각 공정의 임시 생산계획 역시 납기를 기준으로 후진전개방식을 이용하여 투입량과 투입시점을 결정하며, 이것은 선행 공정의 생산량과 납기가 된다. 이와 같은 방법으로 임시계획이 수립되면 어레이, 셀, 모듈 공정 순으로 실제 세부 생산계획을 확정한다. 공장의 전 공정은 납기 만족을 최우선 생산목표로 전체 시스템의 관점에서 생산계획을 수립하며, 각 공정의 생산능력과 재고수준, 자재 입고 계획 등을 고려하여 라인 밸런싱과 생산준비시간 등을 고려한 생산계획을 수립하게 된다.

본 논문에서는 이러한 개념하에 실제 생산계획 시스템인 TFT-LCD Planner를 구축하였다. TFT-LCD Planner는 크게 서버, 클라이언트, 데이터베이스 부분으로 나뉘며 각각 C++와 비주얼 베이직, Oracle 8i로 구축되었다. 이 시스템을 실제 TFT-LCD 공장에 적용하였으며 실제 현장에 적용하기 위해 현장에서 요구하는 사항에 맞춰 알고리즘을 수정하였고 현장에서 원하는 형태와 결과가 나올 수 있도록 하였다. 주어진 시스템은 무엇보다 자동화된 생산계획의 수립으로 생산계획 수립 시간을 크게 단축하고, 정확한 현장정보를 반영할 수 있다. 또, 주문에 대한 납기 준수 여부 및 다양한 상황에 대한 생산계획 결과를 신속하게 비교해 볼 수 있기 때문에 기존의 생산계획 수립 방식을 크게 개선할 수 있을 것이라 생각된다. 아울러 이 시스템은 최근 증가하는 수탁생산 업체나 이와 유사한 반도체 공정에도 적용할 수 있기 때문에 소프트웨어로서의 가치도 크다고 하겠다.

이 논문에서 개발한 시스템의 추후 연구 과제로는 생산준비 시간을 줄이거나 라인 밸런싱을 만족하기 위한 여러 할당 규

그림 13. 시스템 실행 예제 - 생산계획 수립.

는 판매계획을 입력하는 그림이다.

5.5.3 생산계획 수립

기준정보가 모두 구축되어 있고, 판매계획이 입력되고, 자재 재고가 확인된 상태에서 실제 생산계획을 수립할 수 있다. <그림 13>은 생산계획을 수립하는 화면이다. 그림에서 계획 대상 조회를 실행하면 입력된 판매계획 중에서 아직 생산계획이 수립되지 않은 판매계획이 화면에 나타나고, 생산계획 요소설정을 실행하여 생산계획 대상에 대한 상세한 계획 요소들을 입력할 수 있다. 이어서 사용자는 계획 시작일과 계획 대상 기간을 입력하고, 생산계획 수립을 실행하게 된다.

5.5.4 보고서 생성

생산계획 수립이 완료되면, <그림 14>와 같이 여러 형태의 보고서로 생산계획 결과를 조회할 수 있다. 계획 결과는 각 공정별, 제품별로 일별 투입/산출계획 형태로 나타나며, 스프레

그림 14. 시스템 실행 예제 - 보고서 생성.

척들에 대한 연구 등이 있다. 또, 병목공정인 포토 공정에서 작업 기계 단위의 상세한 세부 일정 계획 수립도 좋은 연구 과제가 될 수 있는데, 이때에는 공정 수행을 위한 포토 장비 및 마스크와 같은 주요 자원에 대한 제약 등을 고려하여 세부 일정 계획을 수립하여야 한다.

참고문헌

- Baek, J.-K., Baek, J.-G. and Kim, S.-S., "Scheduling Scheme for FAB Process in Semiconductor Factory", *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, 28(4), 416-425.
- Fowler, J. W., Phillips, D. T. and Hogg, G. L. (1992), Real-Time Control of Multiproduct Bulk Service Semiconductor Manufacturing Process, *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, 5, 158-163.
- Glassey, C. R. and Resende, M. G. C. (1988), A Scheduling Rule for Job Release in Semiconductor Fabrication, *Operation Research Letters*, 7, 213-217.
- Glassey, C. R. and Resende, M. G. C. (1988), Closed-Loop Job Release Control for VLSI Circuit Manufacturing, *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, 1(1), 36-46.
- Jeong, B., Kim, S. and Lee, Y. (2001), An assembly scheduler for TFT LCD manufacturing, *Computers & Industrial Engineering*, 41, 37-58.
- Johri, P. K. (1993), Practical Issues in Scheduling and Dispatching in Semiconductor Wafer Fabrication, *Journal of Manufacturing Systems*, 12(6), 474-485.
- Joshi, M. (1990), Making wafers in the JIT style, Proceedings of Advanced Semiconductor Manufacturing Conference and Workshop 1990, IEEE/SEMI, Danvers, MA, USA.
- Leachman, R. C. (1994), Production Planning and Scheduling Practices Across the Semiconductor Industry, ESRC Report 94-29, Engineering Systems Research Center, University of California, Berkeley.
- Leachman, R. C. (1994), The Competitive Semiconductor Manufacturing Survey: Second Report on Result of the Main Phase, CSM-08 Report.
- Lee, C. Y., Uzsoy, R. and Martin-Vega, L. A. (1992), Efficient Algorithms for Scheduling Batch Processing Machines, *Operations Research*, 40, 764-775.
- Levitt, M. E. and Abraham, J. A. (1990), Just-in-time methods for semiconductor manufacturing, Proceedings of Advanced Semiconductor Manufacturing Conference and Workshop 1990, IEEE/SEMI, Danvers, MA, USA, 3-9.
- Lou, S. X. C. and Kager, P. W. (1989), A Robust Production Control Policy for VLSI Wafer Fabrication, *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, 2(4), 159-164.
- Murty, S. V. and Bienvenu, J. W. (1995), Global Planning at Harris Semiconductor, Proceedings of International Symposium on Semiconductor Manufacturing, Texas, USA, 18-23.
- Perez, R. A., Koh, S. W. and Savell, D. V. (1989), Scheduling Semiconductor Wafer Production: An Expert System Implementation, *IEEE Expert*, 9-15.
- Song, W. (2000), A Study on Mater Production Schedule for TFT-LCD factory, a thesis for a master degree, Department of Industrial Systems and Information Engineering, Korea University.
- Spearman, M. L., Woodruff, D. L. and Hopp, W. J. (1990), CONWIP: A Pull Alternative to Kanban, *International Journal of Production Research*, 28(5), 879-894.
- Uzsoy, R., Lee, C. Y. and Martin-vega, L. A. (1994), A Review of Production Planning and Scheduling Models in the Semiconductor Industry, Part 2: Shop-Floor Control, *IIE Transactions on Scheduling and Logistics*, 26(5), 44-55.
- Uzsoy, R., Lee, C. Y. and Martin-vega, L. A. (1992), A Review of Production Planning and Scheduling Models in the Semiconductor Industry, Part 1: System Characteristics, Performance Evaluation, and Production Planning, *IIE Transactions on Scheduling and Logistics*, 24(4), 47-61.
- Wein, L. M. (1988), Scheduling Semiconductor Wafer Fabrication, *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, 1(3), 115-129.
- Weng, W. and Leachman, R. C. (1993), An Improved Methodology for Real-Time Production Decisions at Batch-Process Work Stations, *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, 6, 219-225.