

TFT-LCD 단위 공정 시스템 통합을 위한 장치간 인터페이스 타이밍 차트 설계

임은성*, 황병현**, 박기진**

* 아주대학교 산업대학원 비즈니스정보공학과

** 아주대학교 산업공학정보시스템공학부

e-mail : elvis@vessel21.com, {heal83, Kiejin}@ajou.ac.kr

Designing The Interface Timing Chart Between Heterogeneous Equipments in TFT-LCD Production Line for System Integration

Eunsung Lim*, Byunghyun Hwang**, Kiejin Park**

*Dept. of Business Information Engineering, Graduate School of Ajou University

**Dept. of Industrial and Information Systems Engineering, Ajou University

요 약

본 논문에서는 TFT-LCD 제조 라인에서의 시스템 통합에 필요한 기술 중 하나인 장치간 인터페이스 방식에 대하여 연구하였다. 이를 위해 TFT-LCD 제조 라인에서 각각의 장비들이 Glass 를 반송하는 방법을 분석하였고 발생할 수 있는 모든 반송 방식을 각 TYPE 별로 정리하였다. 또한 각각의 내용을 분석하여 최적의 인터페이스 방안을 제안하였으며, 장치간 표준화된 인터페이스를 사용함에 따라 각 LCD 장비 제조사의 시스템 설계 기간 단축, 비용 절감, 셋업기간 단축, 향후 유지관리의 효율성 등의 효과가 기대된다.

1. 서론

최근 TFT-LCD (Thin Film Transistor - Liquid Crystal Display) 에 대한 수요가 증가하면서, 한국을 중심으로 한 일본, 중국, 대만 등의 관련 FPD (Flat Panel Display) 제조업체들이 제조 설비 및 제조 공정 라인 확장을 위한 지속적인 투자를 하고 있다. TFT-LCD 는 경량이고 휴대성이 뛰어나며 낮은 소비 전력 등의 장점으로 인해 노트북 컴퓨터를 비롯하여 휴대전화, MP3 플레이어 등 소형 IT 제품에 널리 사용되고 있다.

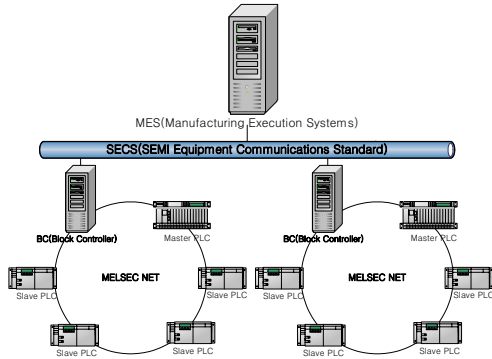
TFT-LCD 제조 공정(Manufacturing)에서 중점 관리되고 있는 부분은 글래스 원판 (Mother Glass, 이하 Glass) 이다. Glass 의 크기는 5.5m² 넓이(2008 년 7 월 기준)의 유리판이며 간략히 TFT-LCD 생산 과정을 설명하면, Glass 위에 3원색을 입히거나(Color Filter Glass, C/F Glass), 또는 극소형의 트랜지스터를 입힌 Glass (TFT Glass) 를 제조하고, C/F Glass 와 TFT Glass 사이에 액정을 삽입하는 과정을 통해서 TFT-LCD 디스플레이(Display)가 완성되게 된다. 이 때 글래스 원판을 작업자가 하나하나 운반하기란 사실상 불가능하며, 미세공정이기 때문에 무인 자동화 시스템이 필수적이다. 이를 위해서 TFT-LCD 제조 현장은 AMHS (Automated Material Handling Systems) 를 갖추고 있으며, 각각의 운반 로봇 및 자동화된 PLC 장비들을 중심으로 제조 공정 전반의 과정이 진행되게 된다. 이와 같은 상황과 더불어, TFT-LCD 의 공정은 초정밀

공정에 속하기 때문에 미세 먼지(Particle) 관리가 중요하다. 미세먼지 관리를 위해 작업자에 의해 발생하는 먼지를 감소시켜야 하며, 이러한 클린룸(Clean room) 환경이 작업자에게 불편한 환경이기 때문에 이 또한 무인 자동화 생산 시스템을 구축해야 하는 이유 가운데 하나이다[1].

초기의 TFT-LCD 제조 라인은 작업자가 직접 제조 공정의 현황을 파악하고, 이렇게 파악된 데이터를 수동으로 생산 관리 시스템에 입력하여 진행중인 현 상황을 파악하는 반자동화(Semi-Automation) 의 개념이었으나, 현재는 발전한 네트워크 기술 및 각종 통합 생산 정보 솔루션의 등장으로 완전자동화(Full-Automation) 개념으로 전환되어 효율적인 시스템 통합 관점에서의 제조 과정이 진행되고 있다[2].

이러한 TFT-LCD 제조 공정의 자동화는 데이터베이스 구축과 생산 스케줄링으로 대변된다. 제품 제조에 투입되는 부품 및 글래스 정보에 대한 데이터베이스를 구축하고 각 공정에 맞춰 제조 과정을 스케줄링하는 것이 TFT-LCD 제조 공정의 자동화에 핵심적인 부분이며, 이를 바탕으로 생산성 향상을 위한 각종 관리 기술을 적용할 수 있게 된다. 이렇게 구축된 완전 자동화 개념의 TFT-LCD 제조 시스템에서는 각 제조 장비와 MES (Manufacturing Execution System) 사이의 원활한 데이터 통신이 필수적이다. 하지만 현재 TFT-LCD 제조 공정에 투입된 각각의 장비마다 제조업체가 다르고, 사용하는 데이터 통신 프로토콜 (Protocol) 및 규격이 틀리며, 각각의 장비의 동작 방식이 다르

다는 문제점이 존재한다. 이로 인해, TFT-LCD 제조 시스템에서의 통합 관리가 매우 어려운 실정이며, 이를 보완하기 위해서, 세계 반도체산업 표준기관인 SEMI(Semiconductor Equipment and Materials International) 에서 정한 MES 와 반도체 장비 간 통신 프로토콜 및 장비의 동작과 통신 시나리오에 대한 표준인 SECS(SEMI Equipment Communications Standard) 프로토콜을 TFT-LCD 생산 시스템에 적용하여 MES 와 BC(Block Controller) 사이에 통신 프로토콜로 사용하고 있다[3].



(그림 1) TFT-LCD 생산 시스템 구조

그림 1 과 같이 MES 와 BC 사이에는 SECS 프로토콜을 사용하여 통신을 하고 있으며, BC 는 각 PLC(Programmable Logic Control) 제조 장비의 제조 데이터 및 제조 과정에 투입된 자재의 데이터와 Glass 의 데이터를 MES 에 보고하고, MES 로 부터 제조 관련 데이터를 받아 각 장비에 전송하는 역할을 한다. 이때, BC 와 PLC 장비 사이에는 MELSEC NET 이라는 PLC 용 네트워크 시스템을 통해 Glass 처리 정보를 송수신하게 되는데, 각각의 PLC 장비 마다 제조사가 다르고 작동 방법이 다르기 때문에 각 장치를 통합할 수 있는 표준화된 데이터 프레임 및 각 장치간의 인터페이스 방식이 없는 상태이다. 즉, 현재 TFT-LCD 관련 각 장비 제조 업체가 서로 다른 장비간 통신을 위해 데이터 프레임을 사용하고 있으며, 또한 장비간 인터페이스 방식이 각기 다르기 때문에 발생하는 제반 문제점은 다음과 같다.

- 1) TFT-LCD 제조 시스템 구성의 복잡성으로 설비 제조업체의 신규라인 셋업(Setup) 비용 증가
- 2) PLC 장비 셋업 및 제조 라인 안정화 기간이 길어짐
- 3) 각 PLC 장비별 서로 다른 데이터 프레임 포맷 사용 및 각기 다른 인터페이스 사용으로 인해, 유지보수 비용 증가

따라서 본 논문에서는 BC 하부 시스템(즉, 단위공정)에서 장비간 인터페이스 통합 방안에 대한 연구를 수행하였으며, 이를 통해 TFT-LCD 제조 라인에서 각

각의 장비들이 Glass 를 반송하는 방법을 분석하였고, 발생할 수 있는 모든 반송방법을 각 형태별로 구분하여 정리하였다. 또한 각각의 형태를 분석하여 최적의 인터페이스 방안을 제안하였으며, 이를 통해 TFT-LCD 제조 시스템 구축과정에서의 시스템 설계 기간 단축, 비용 절감, 셋업기간 단축, 향후 유지관리의 효율성과 안정성을 확보하고자 하였다.

2. Glass 반송 방법 분류

TFT-LCD 제조 라인에 투입되는 제조 장치를 크게 이동식 장치(로봇)와 고정식 장치로 구분하며 이동식 장치는 자재를 특정 고정식 장치로 운송하는 역할을 주로 수행하게 된다. 이 때, 서로 다른 장치 간에 인터페이스 방식의 통합이 이루어져 있지 않으므로, 제조 설비 설치 업체에서 이에 대한 방식을 규정하고 타이밍 차트를 작성하여 TFT-LCD 제조사에 제공하게 된다.

TFT-LCD 제조 라인에서 사용되는 장치간 Glass 반송 방법과 이에 따른 인터페이스 방식은 크게, 1단 구성/복수단 구성에 의한 차이 및 장치에 차단기(Shutter) 제어 유/무로 구분하게 된다. 이를 표로 나타내면 다음과 같다.

<표 1> 장치 간 인터페이스 타입 (일반적인 경우)

		1단 구성	복수단 구성
이동식 장치 배출 ⇨ 고정식 장치 수취	차단기 제어 無	Type 1	Type 3
	차단기 제어 有	Type 2	Type 4
고정식 장치 배출 ⇨ 이동식 장치 수취	차단기 제어 無	Type 5	Type 7
	차단기 제어 有	Type 6	Type 8

또한, 위 표에서 정의한 8가지 타입 이외에 특수한 경우를 정의한 3가지 타입이 추가로 존재하며, 이는 다음 표의 내용과 같다.

<표 2> 장치 간 인터페이스 타입 (특수한 경우)

Type	Case
Type 9	배출/수취측 장치가 컨베이어 벨트(Conveyer)
Type 10	동시취출동작(복합동작) 가능 고정식 장치 배출 ⇨ 이동식 장치 수취(차단기 제어 無)
Type 11	동시취출동작(복합동작) 가능 고정식 장치 배출 ⇨ 이동식 장치 수취(차단기 제어 有)

위와 같이 총 11 가지 타입으로 TFT-LCD 제조 장치간 인터페이스 방식을 분류할 수 있으며, 위의 11 가지 타입이 TFT-LCD 제조 공정에서 발생할 수 있는 장치 간 인터페이스 방식의 모든 경우라고 할 수 있다.

3. 장치간 Glass 반송을 위한 타이밍 차트 설계

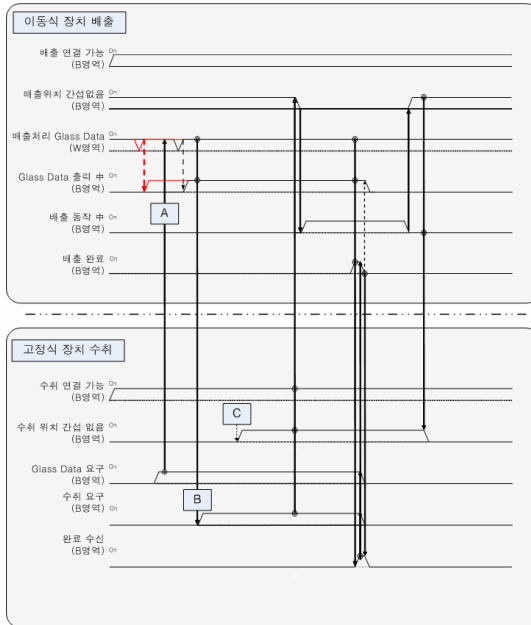
앞에서 분류한 11가지 타입에 따라, 각 타입에 해당하는 장치 간 인터페이스 타이밍 정의가 필요하다.

본 논문에서는 이를 임의로 정의한 기호를 사용하여 타이밍 차트(Timing Chart)로 표현하였으며, 타이밍 차트에 사용되는 기호는 다음과 같이 정의한다.

<표 3> 타이밍 차트에 사용되는 기호

기호	의미
⊙	각 이벤트에 따른 신호 발생
↑ ↓	장치 간(배출측⇔수취측)의 신호 처리
↑ ↓ (dashed)	장치 내 신호 처리

위에서 정의한 기호를 사용하여 11 가지 타입의 타이밍 차트를 표현할 수 있으며, 이 가운데 타입 1 에 대한 타이밍 차트는 그림 2 와 같다.



(그림 2) Type-1(이동식 장치 배출⇔고정식 장치 수취, 1단 구성, 차단기 제어 無) 타이밍 차트

이동식 장치와 고정식 장치 간에 인터페이스 방식을 표현한 타이밍 차트(그림 2)를 설명하면 다음과 같다.

차트의 왼쪽부터 순서대로 상황이 발생하게 되며, 배출 장치(이동식 장치)와 수취 장치(고정식 장치) 모두 연결가능 상태여야 한다.

이 때, 수취 장치에서 'Glass Data 요구' 이벤트가 발생하게 되면(그림 2 의 A), 배출 장치의 '배출처리 Glass Data'영역에 신호를 보내게 된다. 신호를 수신한 배출 장치는 장치 내부에서 Glass Data 를 출력 시

키게 된다. 이 상태가 되면 배출 측 장치는 자신이 배출할 Glass 에 대한 Data 및 배출 준비가 완료되었음을 수취측에 알리게 된다(그림 2 의 B).

배출 장치의 상태를 확인한 수취 장치는 수취요구 신호를 활성화 시키고, 이 때, 수취 장치 내부에서 수취위치에 반송 작업을 간섭하는 요인이 있는지를 확인하게 된다(그림 2 의 C). 수취 장치가 '수취연결가능' 상태이고 '수취위치 간섭없음'상태이며, '수취 요구'상태이면 이를 배출 장치에 알리게 된다.

배출장치는 수취 측이 Glass 를 받을 수 있는 상태를 확인하고, 우선 '배출위치 간섭없음' 신호를 비활성 상태로 바꾼다. 배출위치 간섭 신호가 비활성 상태가 되면, '배출 동작중'신호가 활성화 되고, 배출이 진행되게 된다. 배출이 완료되면 배출 완료 영역이 활성화 되고, 이어서 '완료 수신'상태가 활성화 된다.

수취측의 완료 신호를 확인하면 배출 완료 영역은 비활성화되고, 비활성화 됨을 수취측과 배출측 내부에 동시에 신호하게 된다. 수취측은 신호를 수신하면 완료 수신 상태를 비활성화 하게 되고, 배출 장치 내부에서는 'Glass Data 출력 상태'를 비활성화 하게 된다.

이어서 배출 장치 내부에서는 배출 동작을 멈추게 되고, '배출위치 간섭없음' 상태가 활성화 되게 된다. 배출 동작이 정지되고 '배출위치 간섭없음' 상태가 활성화 되면, '수취위치 간섭없음' 상태가 비활성화 됨으로써, '이동식 장치 배출 ⇔ 고정식 장치 수취' 인터페이스 과정이 완료 된다.

위의 Type-1 반송 내용을 다음과 같이 정리 할 수 있으며, 아래의 내용을 다이어그램으로 표현한 것이 그림 2 의 타이밍 차트 이다.

- 1) 수취측/배출측 상태 확인
- 2) 수취 장치의 Glass Data 요구
- 3) 배출 장치의 Glass Data 출력
- 4) 수취 장치의 수취 요구
- 5) 배출 장치의 배출 동작 실행
- 6) 반송 작업 완료

그림 2 와 같은 타이밍 차트가 모든 Type 에 각각 존재하며, 단위 제조 공정 관리자는 이를 통해 TFT-LCD 제조 장치간의 인터페이스 방식을 정의하고 제어 할 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 TFT-LCD 제조 라인에서의 시스템 통합에 필요한 장치 간 인터페이스 방식을 분석하고 이를 토대로 타이밍 차트를 작성하여 제시하였으며, 이를 위해 TFT-LCD 제조 시스템에서 발생할 수 있는 장치 간 인터페이스 타입 11 가지를 분류하였고, 타이밍 차트 작성을 위한 기호를 정의하였다. Glass 가 자동으로 반송되는 TFT-LCD 생산 라인의 특징으로 인해, 각 장비는 Glass 데이터를 주고받으며 필요한

Process 데이터를 하류장비나 상위 시스템에 보고 해야 한다. 데이터가 전송됨에 따라서, 이에 해당하는 장치 간 인터페이스 방식이 규정 되어야 하며, 이에 본 논문에서는 TFT-LCD 단위 공정에서 발생할 수 있는 모든 인터페이스 방식을 분류/정리하여 타이밍 차트를 제안 함으로써, 장비 업체의 효율적인 시스템 설계와 비용 절감, 설비 초기화/안정화 시간 단축 및 효율적인 유지 보수 효과를 얻고자 하였다.

본 연구의 후속 연구로써, 앞서 제안한 ‘TFT-LCD 단위 공정 데이터 프레임 포맷[4]’과 본 논문에서 다룬 ‘TFT-LCD 단위 공정 장치간 인터페이스 방식’이 제조 단위 공정에서 원활히 운영될 수 있도록 시스템 관리 방법에 대한 연구가 남아 있으며, 각각의 장비들이 관련 Glass 데이터를 전송하는 과정에서 발생할 수 있는 모든 이벤트를 분석/정리하는 작업이 남아 있다. 또한 각 이벤트에 해당하는 데이터의 내용 및 시점에 대한 연구가 요구된다.

참고문헌

- [1] Ukai Yasuhiro, "TFT-LCD manufacturing technology - current status and future prospect," International Workshop on Physics of Semiconductor Devices (IWPSD), pp. 29-34, Dec. 2007.
- [2] Jang Young Jae, "TFT-LCD Automated Guided Vehicle Systems Analysis Using Axiomatic Design Theory," IEEE International Symposium on Semiconductor Manufacturing(ISSM), pp. 225-228, Sep. 2006.
- [3] Robin Qiu and Phillip Laplante, "Design and Development of Component-based Equipment Connectivity for Semiconductor Manufacturing," 4th International Conference on Control and Automation, (ICCA), pp. 63-67, June 2003.
- [4] 임은성, 황병현, 박기진, "TFT 단위 공정 시스템 통합을 위한 데이터 프레임 포맷," 한국정보과학회 2008 종합학술대회 논문집 제 35 권 제 1 호(D), pp. 264 ~ 267, June 2008.