

자동차 도장공장의 Color Selection 시스템의 자동화

박혜규* · 최원준** · 신현오***

Automation of Color Selection System in the Automobile Painting Shop

Hyekyou park, Wonjoon Choi, Hyunoh Shin

〈요 약〉

자동차 도장공장의 마지막 도색공정인 상도공정에서는 도장할 차체의 색상(Color)이 직전에 도장된 차체의 색상과 다르면 스프레이 노즐에 남아있는 직전차체의 도료를 세정하여야 하는데, 이때 도료손실과 세정비용 등의 색상변경비용(Color Change Cost)이 발생한다. 이러한 비용을 줄이기 위하여 동일한 색상의 차체들이 가능한 한 연속으로 도장될 수 있도록, 상도공정 직전에 동일한 색상의 차체들을 모으는 저장창고(Color Grouping Buffer)가 필요하다.

본 논문에서는 도장공장의 상도공정에서의 색상변경비용을 줄일 수 있도록 저장창고에서의 차체의 인입, 저장, 인출을 실시간에 제어하는 Color Selection 시스템을 자동화하여 성공적으로 운영하고 있는 사례를 소개한다.

1. 문제제기

자동차 조립공장은 보통 차체공장, 도장공장, 외장공장으로 구성되어 있다. 차체공장 (Body Shop)은 프레스 판넬을 용접하여 기본적인 차체를 형성하는 조립라인이며, 도장공장 (Painting Shop)은 차체공장에서 완성된 차체의 부식을 방지하고 차체의 외관을 보호하기 위하여 고객이 요구하는 색상으로 도장하는 공정이며, 외장공장(Trim Shop)은 엔진, 트랜스미션, 서스펜션, 브레이크, 시트, 타이어 등 각종 부품을 차체에 부착시키는 조립라인이다.

자동차 조립공장에서는 다양한 사양의 차량들을 배치생산(Batch Production)이 아니라 각 사양별 차량의

생산이 평준화되도록 혼류생산 (Mixed-Model Production)을 하며, 이러한 혼류생산의 목적은 외장공장의 각 작업장에서의 작업부하와 부품소요량을 평준화하려는 것이다. 자동차 조립공장에서의 1일 조립생산순서계획은 마지막 조립라인인 외장공장의 평준화를 고려한 혼류생산계획이며, 첫번째 조립라인인 차체공장의 1일 조립생산도 이러한 평준화된 계획에 따라 이루어진다.

차체공장에서 완성된 차체는 WBS(White Body Storage)라는 저장창고에 저장된 후 도장공장으로 이동한다.

본 연구의 대상인 도장공장은 방청을 주목적으로 하는 전처리공정 및 전착공정, 미관을 주목적으로 하

* 울산대학교 경영학과

** 울산대학교 산업공학과

*** 현대자동차 주식회사

는 중도공정과 상도공정 등으로 나눌 수 있으며 간략히 설명하면 다음과 같다.

1) 전처리공정

차체조립 시 묻은 이물질 등을 세척하여 차체의 내식성과 도료의 부착성을 높인다.

2) 전착공정

차체를 도료용액에 담근 후에 직류전류를 통하면 전기적으로 도료가 전착 (Electro-Deposition) 하게 되어, 방청성을 향상시켜 차체의 부식을 방지한다.

3) 중도공정

전착 다음의 제2회 도장으로 상도의 품질을 향상시키기 위하여 보통 3-4종류의 도료로 중간 칠을 하는 공정이다.

4) 상도공정

중도가 완료된 차체에 최종 도장이 이루어지는 공정으로, 차체의 외관을 보호하고 차체의 외관을 아름답게 하기 위하여 고객이 요구하는 색상으로 도장하는 공정이다.

도장공장 중 특히 최종공정인 상도공정의 도장부스 (Painting Booth)에서는 스프레이(Spray)를 이용하여 도료를 차체에 분출하는 바, 연속적으로 투입되는 차체의 색상이 상이한 경우에는 스프레이 노즐 (Spray Nozzle) 등에 남아있는 이전 차체의 도료를 신너 (Thinner)로 세정을 하여야 한다. 이때 유실되는 도료 손실비용과 신너 등의 세정비용이 발생하게 된다. 즉, 도장할 차체의 색상이 직전에 투입되었던 차체의 색상과 상이하면 색상변경에 따른 색상변경비용(Color Change Cost)이 발생한다. 물론 직전 차체와 동일한 색상의 차체가 투입되면 이러한 비용이 발생하지 않는다.

따라서 발생하는 색상변경비용을 줄이기 위하여 상도공정의 도장부스에 동일한 색상의 차체가 가능한 연속적으로 투입될 수 있도록, 도장부스 직전에 동일한 색상 (Color)의 차체들을 모으는(Grouping) 저장창고 (Buffer)가 필요하게 된다. 이 저장창고(Color Grouping Buffer)는 다수의 레인(Lanes)으로 구성되어 있는데, 이러한 저장창고 레인(Buffer Lanes)에의 차체

인입과 저장창고 레인(Buffer Lanes)으로부터의 차체 인출을 통하여 상도공정의 도장부스에 동일한 색상의 차체가 가능한 한 연속으로 투입될 수 있도록 동일한 색상의 차체들을 모으는 컬러 그룹핑(Color Grouping)을 행한다.

저장창고(Buffer)로의 인입시에는 인입차체의 색상을 기준으로 하여 인입레인(Input Lane)이 결정되며, 또한 저장창고로부터의 인출시에도 색상변경비용을 줄일 수 있는 색상의 차체가 있는 레인이 인출레인(Output Lane)으로 결정된다.

즉, 차체의 색상(Color)에 의해 저장창고(Buffer)에의 인입레인과 인출레인/인출순서가 선정(Selection)되므로, 이 저장창고(Buffer)에서의 이러한 의사결정과 관련된 운영시스템을 Color Selection (CS) 시스템이라고 부른다.

본 연구에서는 H사의 Color Selection 시스템을 자동화하여 성공적으로 운영하고 있는 사례를 중심으로 도장공장의 상도공정의 도장부스에서의 색상변경비용을 줄일 수 있도록 저장창고에서의 차체의 인입, 저장, 인출을 실시간에 제어하는 시스템의 설계에 대하여 논한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다.

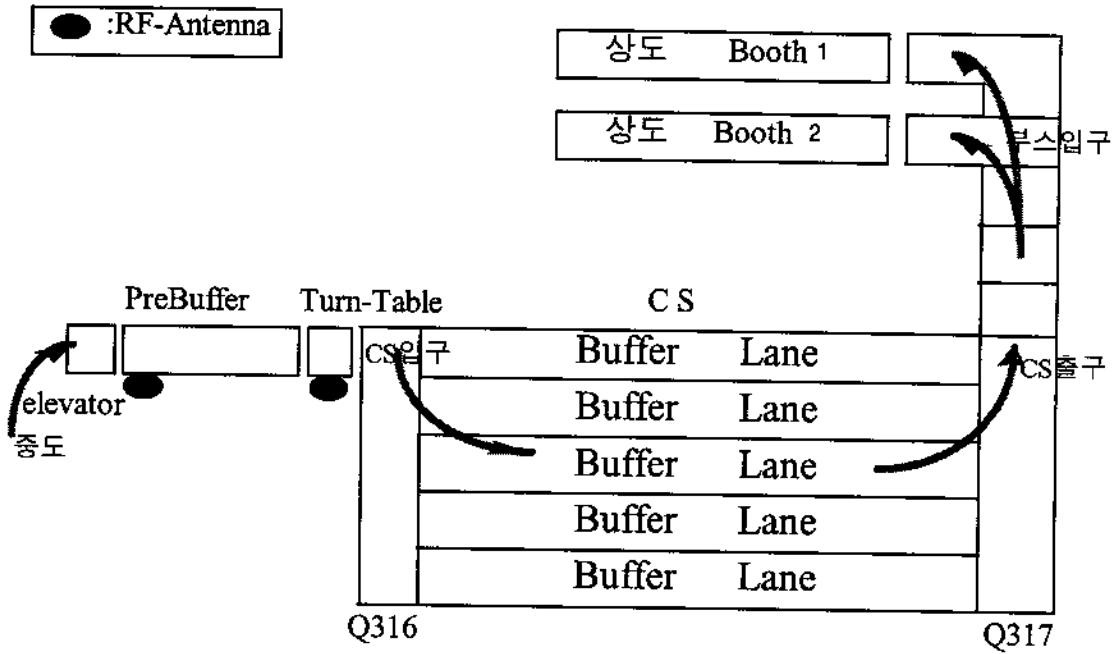
2장에서는 Color Selection의 구조와 기능에 대하여 설명하고, Color Selection 시스템의 자동화의 내용을 개괄적으로 논한다. 3장에서는 Color Selection 운영시스템의 각 모듈의 기본적 구성요소를 설명한다. 4장에서는 Color Selection의 차체 인입 및 인출 알고리즘을 제시한다. 5장에서는 Color Selection 시스템의 자동화로부터 얻은 적용효과에 대하여 설명한다. 마지막으로 본 연구의 요약과 결론이 이어진다.

2. Color Selection 자동화의 개요

본 장에서는 먼저 CS의 구조와 기능에 대하여 설명하고, CS 자동화의 내용을 간략하게 논한다.

2.1 CS의 구조와 기능

CS의 구조는 <그림 2-1>에 나타나 있는 바와 같이



〈그림 2-1〉 CS의 구조

PreBuffer, CS입구, 저장창고 레인(Buffer Lanes), CS출구, 도장부스(Painting Booth)입구, 상도부스 1, 상도부스 2 등으로 구성되어 있다.

도장공장의 전처리, 전착, 중도공정을 거친 차체가 엘리베이터(Elevator)에 의해 PreBuffer에 진입되면 차체에 부착되어 있는 Radio Frequency-Tag(RF-Tag)를 RF-안테나가 읽게 된다. 이 RF-Tag에는 차량인식번호(VIN: Vehicle Identification Number)와 상도부스에서 도장될 색상번호(Color Number) 등 차량의 관리정보가 기록되어 있다. 그리고 Turn-Table에서 다시 RF-Tag가 읽히는데 이는 Prebuffer에서 읽히지 않은 차체의 VIN과 색상을 재확인하기 위한 것이다. CS시스템에서는 PreBuffer의 진입지점부터 상도공정이 끝나는 지점까지 차체를 추적, 감시, 관리한다.

CS입구에 차체가 도달하면 진입할 레인(Lane)이 결정되며, 차체는 Q316 컨베이어를 거쳐 선정된 레인(Buffer Lane)에 진입하게 된다. 이때, 진입되는 차체는 선정된 레인에 차체가 한대도 없으면 제일 앞칸(Slot)까지, 그리고 선정된 레인에 이미 다른 차체가

있는 경우에는 그 차체의 바로 뒷칸(Slot)까지 컨베이어에 의해 진행된다.

CS입구와 CS출구 사이에 5개의 레인(Buffer Lane)이 있으며 각 레인에는 10대의 차체가 저장될 수 있으므로, 총 50대의 차체까지 저장할 수 있다.

각 레인에서는 차체의 위치를 물리적으로 바꿀 수 없으므로 먼저 진입된 차체가 먼저 인출되는 선입선출방식(First-In, First-Out: FIFO)에 따른다.

CS출구에서 해당 도장부스에 투입할 차체를 인출할 레인이 결정되며, 지정된 레인에서 인출된 차체는 Q317 컨베이어를 거쳐 지정된 도장부스로 향하게 된다.

도장부스(Painting Booth)는 2개가 있는데 차체는 어떤 부스에서나 도장될 수 있다. 도장부스 1, 2에 일정한 주기시간(Cycle Time) 간격으로 차체를 교대로 투입하며, 한 도장부스가 고장이나 정비로 인하여 정지된 경우에는 나머지 한 도장부스에만 차체를 투입한다.

CS는 상도부스 직전에 동일한 색상의 차체들을 모

은 저장창고 (Color Grouping Buffer)로서 다음 기능을 수행한다.

- 1) 인입레인(Input Lane)의 결정
각 레인에 동일한 색상의 차체가 가능한 한 연속으로 인입될 수 있도록 인입레인을 결정한다.
- 2) 인출레인(Output Lane)의 결정
도장부스에서 색상변경(Color Change)시 발생하는 색상변경비용을 줄이기 위하여 동일한 색상의 차체가 각 도장부스에 가능한 연속으로 투입될 수 있도록 인출레인을 결정한다.

2.2 CS 자동화의 내용

본 연구에서 수행된 CS 자동화의 내용은 다음과 같다.

- 1) SCADA(Supervisory Control and Data Acquisition)를 이용한 CS내 차체의 실시간 감시 시스템의 구축
- 2) LAN(Local Area Network)을 이용한 차량 정보의 입수
- 3) 색상변경비용의 절감을 위한 차체의 실시간 인

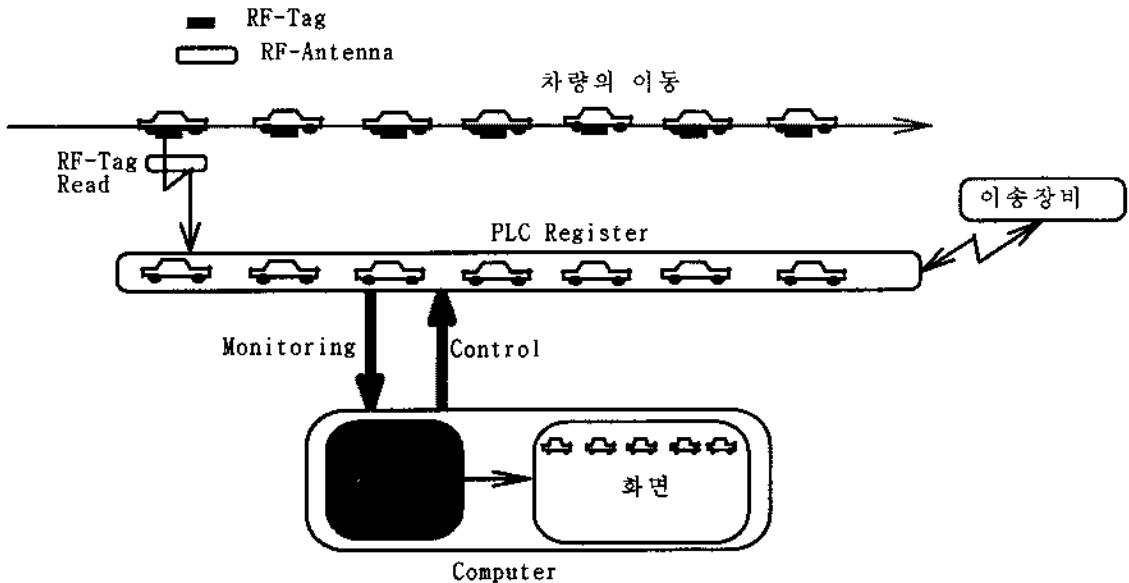
입, 인출 알고리즘의 개발

- 4) 운영환경의 조건의 관리 및 운영을 위한 소프트웨어의 개발

2.2.1 SCADA 시스템의 구축

<그림 2-2>에 개략적으로 표시된 바와 같이 SCADA 시스템을 통하여 현황 정보의 감시(Monitoring)와 실시간 제어를 할 수 있다.

- 1) 감시(Monitoring)
CS내 차체별 위치, 각 영역별 차체의 재공대수, 이송장비의 상태 및 위치를 실시간으로 감시(Monitoring)하여 이를 데이터베이스(DB: Database)로 정리하고 화면에 표시한다.
- 2) 제어(Control)
현황 정보를 기초로 하여 CS운영 알고리즘 및 CS 작업자의 지시에 따라 이송장비 등을 제어한다.
본 연구에서는 Intellution사의 SCADA Software인 FIX DMACS를 이용하여 SCADA 시스템을 구축하였다[3].



<그림 2-2> SCADA를 이용한 Monitoring System

2.2.2 LAN 시스템의 구축

차체가 CS 직전의 PreBuffer에 도착하면 차체에 부착되어 있는 RF-Tag로부터 이 차체의 기본정보인 VIN과 색상번호를 읽어 CS운영에 활용한다. <그림 2-3>에 나타난 바와 같이 CS운영과 관련된 여러 현장의 컴퓨터와의 연결은 Ethernet상의 Novell Netware를 통하여 하였다. <그림 2-3>에서 SCADA 노드(Node)는 CS의 PLC(Programmable Logic Controller)를 감시(Monitoring)한 정보를 데이터베이스(Database)로 구축하는 기능을 담당하는 컴퓨터를 의미하며 VIEW 노드(Node)는 SCADA 노드의 정보를 조회할 수 있는 기능이 부여된 컴퓨터를 의미한다.

2.2.3 인입, 인출 알고리즘의 개발

이미 언급한 SCADA와 LAN 시스템을 기반으로 하여 도장공장의 상도공정에서의 생산성을 제고하기 위한 알고리즘을 개발하였다. 이 알고리즘은 CS에 있어서 컬러 그룹핑(Color Grouping)을 효과적으로 하여 상도부스에서 발생하는 색상변경비용을 절감하고자 한다. 인입 알고리즘은 CS내로 진입 전에 CS내의 차체

와 PreBuffer내의 차체를 고려하여 인입라인을 결정하고, 인출 알고리즘은 상도의 각 부스에 투입된 마지막 차체와 CS내의 차체를 고려하여 발생하는 색상변경비용을 줄일 수 있는 색상의 차체가 있는 인출라인을 결정한다.

2.2.4 운영 소프트웨어의 개발

CS의 운영을 위하여 앞에서 언급한 사항들을 종합한 운영소프트웨어를 개발하였다. 이 운영소프트웨어는 Multi-User 환경하에서 사용자의 편의성을 고려하여 설계되었으며 다음과 같은 모듈로 구성되어 있다.

1) 주 프로그램

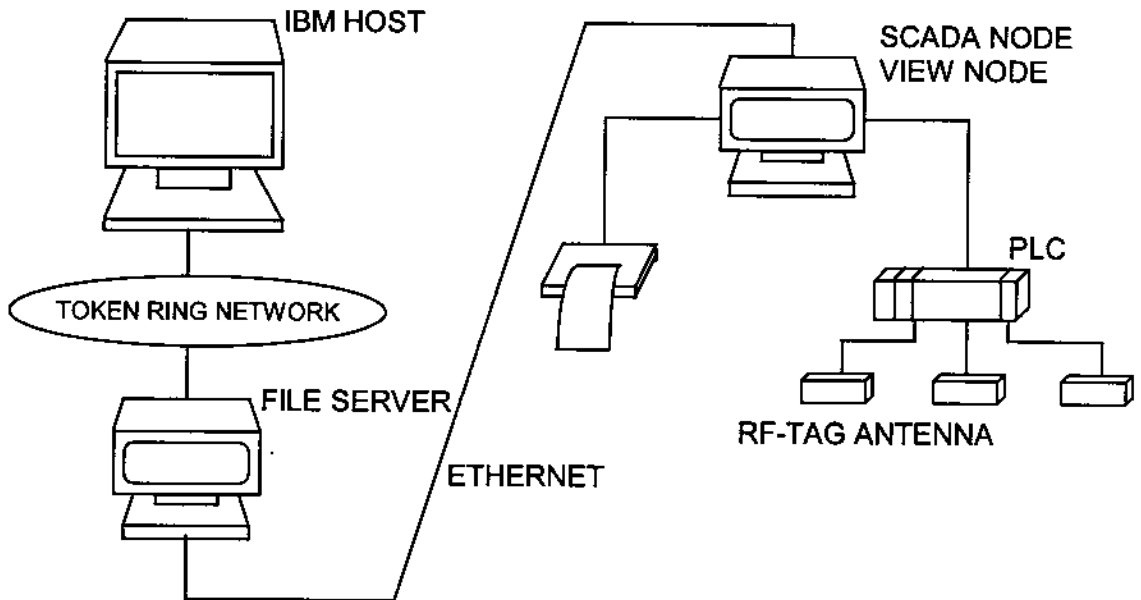
CS내의 차체의 인입, 저장 및 인출을 전체적으로 제어하는 모듈로서 운영 프로그램의 핵심이다.

2) 감시(Monitoring)화면

CS내의 차체의 재공대수 등 현황을 실시간으로 파악하여 동적화면으로 제시한다.

3) 환경설정

CS내 차체의 최대 재공대수(MAX), 최소 재공대



<그림 2-3> LAN 시스템

수(MIN), 색상변경비용 등 제반 파라미터값을 설정한다.

4) 현황 조회 프로그램

일일 색상별 생산대수, 일일 차종별 생산대수, 부스 입구 생산현황, CS 입구 차체현황, 일별 CS 출구 컬러효율, 일별 부스 입구 컬러효율, 일일 시간대별 생산대수 등을 제시한다.

주 프로그램은 CS에서의 차체의 인입, 저장 및 인출을 제어하는 모듈로서 운영 프로그램의 핵심이다. 이 프로그램은 차체 인입 모듈과 차체 인출 모듈로 구성되어 있다

현황조회 프로그램은 다음과 같은 모듈들로 이루어진다.

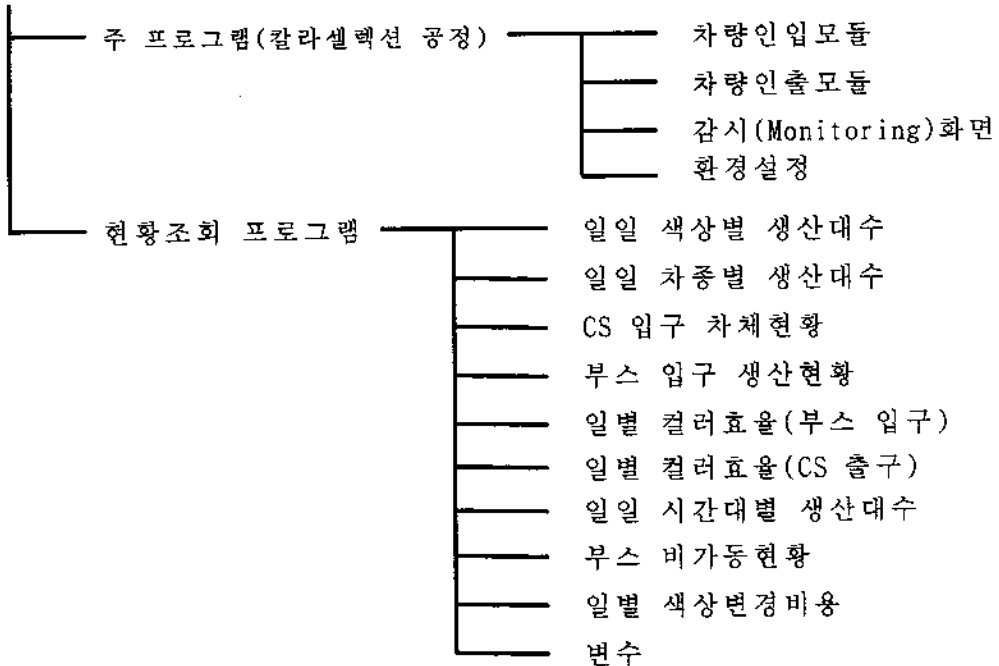
- 1) 일일 색상별 생산대수
1일의 차량 생산대수를 색상별, 부스별, 주야간으로 나누어 보여 준다.
- 2) 일일 차종별 생산대수
1일의 차체 생산대수를 색상별, 차종별, 부스별로 나누어 보여 준다.
- 3) 부스 입구 생산현황
1일의 부스 진입(생산)차체를 부스별로 나누어 차체정보를 보여 준다.

<그림 2-4>에 운영소프트웨어를 구성하고 있는 모듈들을 개략적으로 나타내었다.

3. Color Selection 운영 시스템

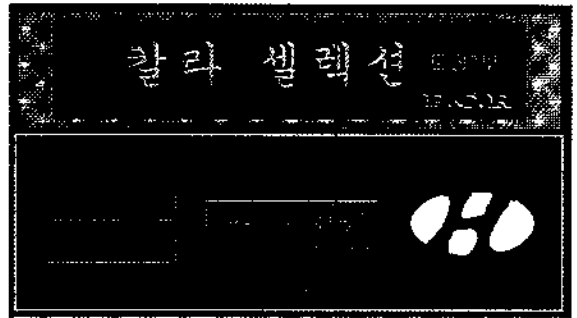
CS운영 시스템에 의하여 CS내 차체에 대한 실시간 감시 및 제어가 이루어지는데, 이 시스템은 기본적으로 주 프로그램과 현황조회 프로그램으로 구성된다.

운영 소프트웨어 메뉴

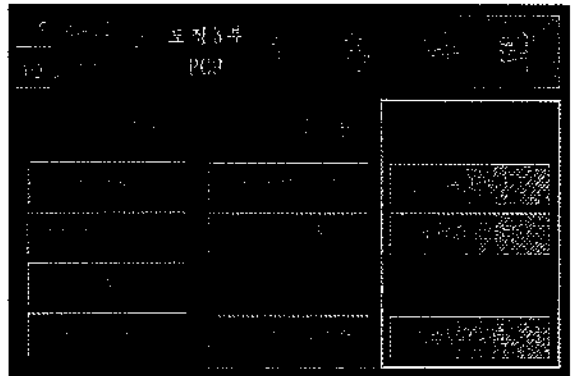


<그림 2-4> 운영 소프트웨어의 모듈구성

- 4) CS 입구 차체현황
1일의 CS 진입 차체의 정보를 보여준다.
- 5) 일별 부스 입구 컬러효율
지난 1개월 간의 각 부스에서의 일일 컬러효율 상황을 보여준다.
- 6) 일별 CS 출구 컬러효율
지난 1개월 간의 CS출구에서의 일일 컬러효율 상황을 보여준다.
- 7) 일일 시간대별 생산대수
일일 차체 생산대수를 색상별로 한시간 단위로 보여준다.
- 8) 부스 비가동현황
일일 부스 1, 부스 2의 고장 종류별로 고장 시간과 고장 횟수를 보여준다.
- 9) 일별 색상변경비용
일일의 색상변경비용을 부스별로 보여준다.
- 10) 변수
색상명, 색상번호 및 색상변경비용의 수정, 변경이 가능하여 필요시 사용자가 고칠 수 있다.

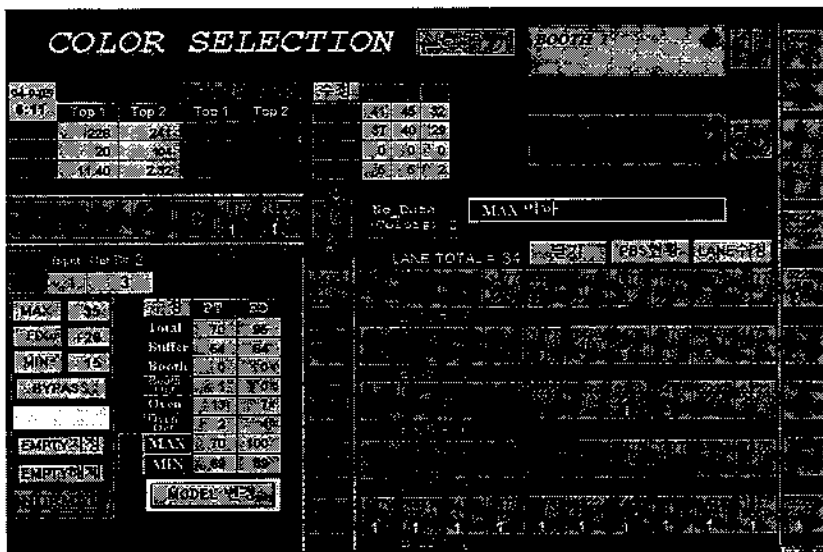


〈그림 3-1〉 메뉴 화면 1 (주 프로그램)

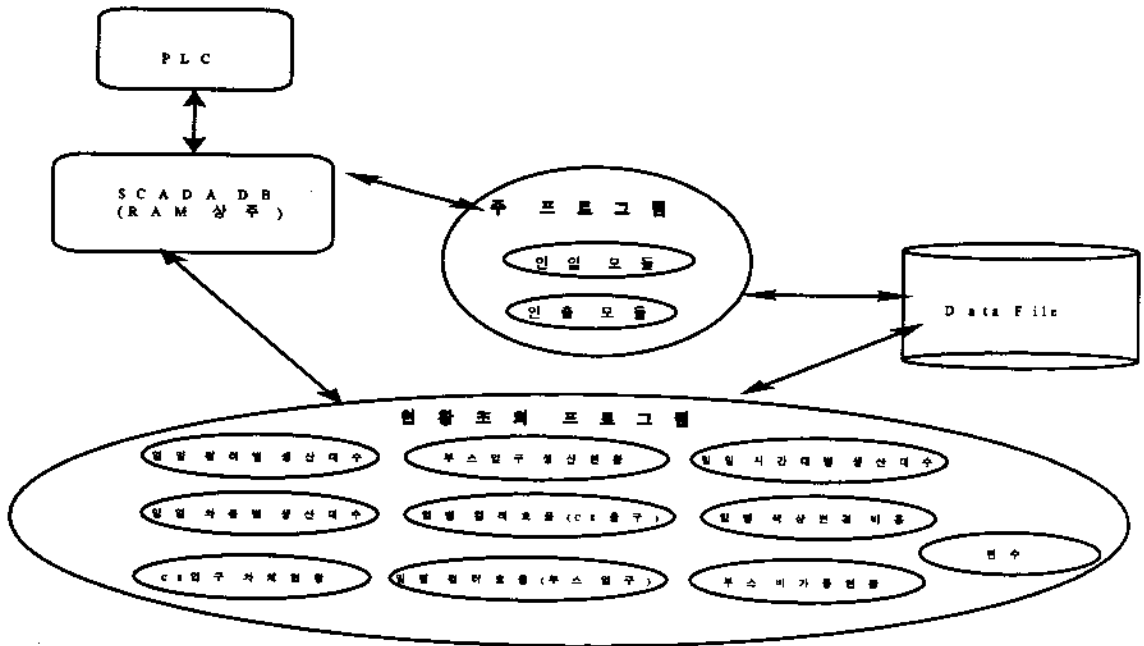


〈그림 3-2〉 메뉴 화면 2 (현황조회 프로그램)

주 프로그램은 항상 수행되며, 현황조회 프로그램은 사용자의 요구에 의해 대화형식으로 수행된다. 본 시스템의 기본 메뉴는 〈그림 3-1〉와 〈그림 3-2〉에, SCADA system에 의한 감시(Monitoring)화면은 〈그림



〈그림 3-3〉 SCADA 시스템에 의한 감시(Monitoring) 화면



〈그림 3-4〉 CS운영 시스템의 각 모듈간의 정보흐름

3-3)에 제시되어 있다.

각 모듈은 독립적인 실행파일로 작성되어 한글 MS-WINDOWS 3.1 환경하에서 동시에 수행되며, SCADA D/B, 데이터 파일(Data File)을 통하여 정보교환을 한다. 〈그림 3-4〉에 정보흐름의 개념도를 도사하였다.

3.1 주 프로그램

주 프로그램의 주요한 기능들을 나열하여 설명한 후에 주 프로그램의 전체적 구동 과정을 설명하기로 한다.

3.1.1 운영조건 정보 입수

주 프로그램은 현재 어떤 일을 수행 할 것인가에 대한 정보를 항상 PLC와 화면으로부터 검색하여야 한다. 주 프로그램이 감시하여야 할 조건 정보는 PLC의 제어를 받는 차체의 인입 결정시기, 인출 결정시기, 부스 고장조건이며, 나머지는 화면상에 입력되는 수치변동(MIN,MAX,FIX), 자동/수동 변환(FILLING,

EMPTY), 긴급차 지정(BYPASS) 등이다.

1) PLC 제어 신호 감시

① 인입 결정시기

새로운 차체가 Q316의 첫 칸(CS 입구)에서 인입 대기중인 경우 그 직전 차체가 해당 레인으로 완전히 진입한 후 인입레인을 결정한다.

② 인출 결정시기

이미 지정된 차체가 레인에서 나간 후 그 레인의 후속 차체가 레인의 맨 앞칸으로 오면 인출 차량의 레인을 결정한다.

③ 부스고장 조건

부스의 고장상태를 감시하여 사용 가능한 도장부스를 결정한다.

2) 화면상 제어 신호 감시

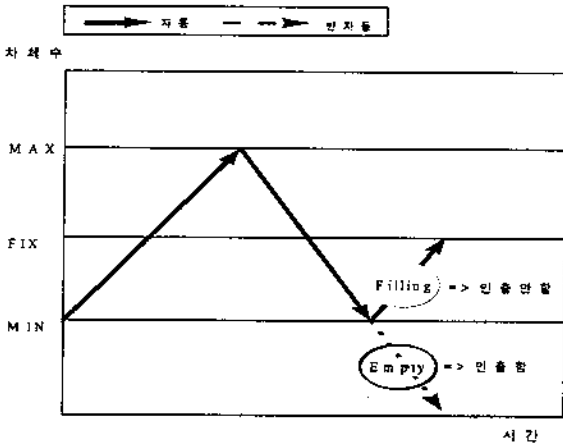
① 수치변동(MIN,MAX,FIX)

MIN과 MAX는 각각 CS내 차체의 최소, 최대 제공대수를 설정하며, CS내 차체 제공대수가 MIN 이하이면 차체의 인출을 중단하며,

MAX 이상이면 차체를 인입하지 않는다. FIX는 다음에 이어지는 FILLING 개념과 같이 설명한다. 이러한 변수들의 수치변동이 필요할 때 값을 변경한다.

② 자동/반자동 변환(FILLING, EMPTY)

FILLING은 CS내 차체 재공대수가 MIN 이하가 되면 차체의 인출을 자동으로 중단하고 CS에 차체를 모으기 시작한다. 이때 차체수가 FIX 이상이 되면 차체의 인출을 자동적으로 시작한다. <그림 3-5> EMPTY를 지정하면 차체 재공대수가 MIN이하라도 차체의 인출을 계속한다. EMPTY를 해제하면 자동적으로 FILLING으로 변환된다.



<그림 3-5> FILLING/EMPTY 개념

③ 긴급차 지정(BYPASS)

BYPASS는 후속공정에서 급히 생산할 차량일 경우 컬러 그룹핑(Color Grouping)과는 상관없이 이 차체를 우선적으로 인출시킨다.

3.1.2 차량 정보의 입수

차체가 CS입구의 PreBuffer에 도착하게 되면 PLC는 차체에 부착되어 있는 RF-Tag의 차량정보를 RF-Antenna를 통해서 읽게 되고 CS를 나갈 때까지 PLC가 그 차량의 정보를 계속 추적한다. 차량정보 중 CS

운영에 필요한 차량인식번호(VIN)과 색상번호(Color Number)를 SCADA DB에 저장하게 된다. 주 프로그램은 주기적으로 SCADA를 검색하면서 CS내의 차체 현황과 정보를 읽게 된다. 필요한 차량정보가 적으므로 주 프로그램에서 따로 데이터 베이스를 생성하지 않고 SCADA DB를 사용한다.

3.1.3 인입라인 결정

Q316의 첫칸에 차체가 도달하여 인입라인이 결정되기를 기다린다. 이 때 재공대수가 MAX보다 크면 인입이 보류되며, 재공대수가 MAX이하인 경우에는 인입할 레인이 4장에서 논의될 인입 알고리즘을 통하여 결정된다.

3.1.4 PLC와의 인입 정보 교환

인입라인이 결정되면 주 프로그램은 이러한 정보를 PLC에 알려야 한다.

3.1.5 인출라인 결정

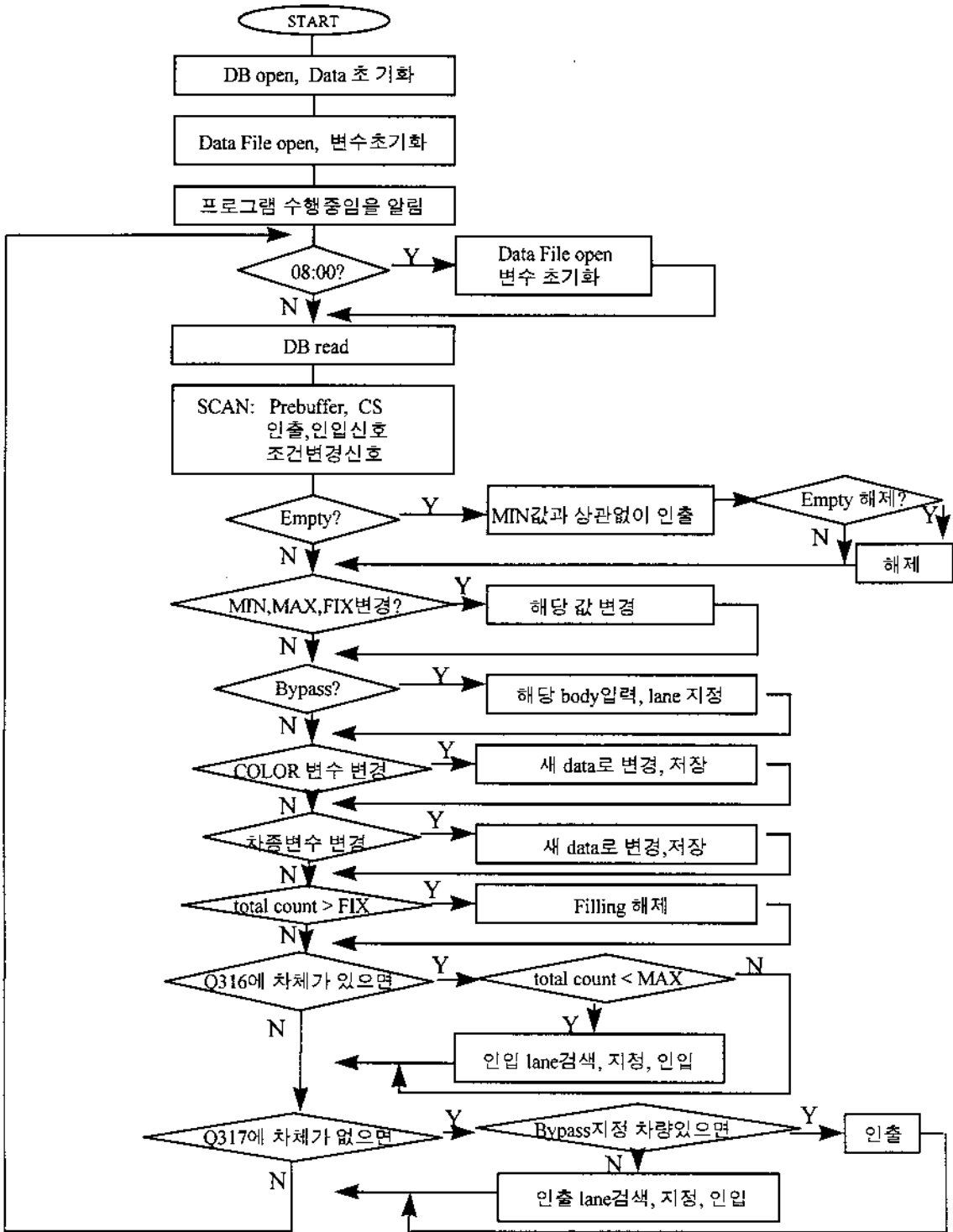
한 부스에 투입될 차량이 CS출구를 떠나면, 다른 부스에 투입될 차체의 인출라인을 결정하여야 한다. 만일 다른 부스의 사용이 불가능하다면 한 부스에 연속으로 차체를 투입하여야 할 것이다. 이 때 재공대수가 MIN이하이면 인출이 보류되며, 재공대수가 MIN보다 크거나 EMPTY 상태인 경우에는 차체를 인출할 레인이 4장에서 논의될 인출 알고리즘을 통하여 결정된다. 이 인출 알고리즘에는 부스 1과 부스 2에 차체가 교대로 투입될 경우 각 부스에 투입될 차체를 인출하는 알고리즘과 한 부스만 가동시 운영되는 인출 알고리즘이 있다.

3.1.6 PLC와의 인출 정보 교환

인출라인이 결정되면 주 프로그램은 이러한 정보를 PLC에 알려야 한다.

3.1.7 차량 정보 데이터 파일(Data File) 작성

주 프로그램은 필요한 지점(CS입구, 상도부스 입구)마다 차량정보를 기록한다. 사용자가 현재의 자료를 언제든지 검색할 수 있도록 기록하게 되나, 시스템의



〈그림 3-6〉 주 프로그램의 전체적인 구동 과정

과부하를 피하기 위해 즉각적인 자료 검색이 요구되지 않는 데이터는 일정한 간격(1시간 간격)을 두고 기록한다.

3.1.8 자료 파일 출력

주 프로그램은 매일 전날의 자료를 출력하여 사용자가 일일이 현황화면에서 출력을 선택해야 하는 번거로움을 없앴다. 매일 출력하는 데이터는 일일 컬러별 생산대수, 일일 시간대별 생산대수, 부스 비가동시간 등이다.

3.1.9 주 프로그램의 구동

주 프로그램은 항상 수행되고 있으면서 PreBuffer와 CS내의 PLC신호, 인출 및 인입 신호, 조건변경 신호 등을 항상 검색한다. 주 프로그램의 전체적인 구동과정은 <그림 3-6>에 나타나 있다.

3.2 현황조회 프로그램

사용자의 요구에 의해 현황조회 프로그램이 실행되면 현재일을 기준으로 ①의 내용이 기본적으로 처리되며, 프로그램은 무한 루프를 돌면서 상태 신호를 감시한다. 이 때 입력되는 상태 신호에 따라 ②, ③이 처리되며, 단기 신호를 받으면 화면은 다른 화면으로 전환되고 프로그램은 실행을 끝낸다.

3.2.1 일일 색상별 생산대수

<그림 3-7> 일일 색상별 생산대수 화면

- ① 1일의 차량 생산대수를 색상별, 부스별, 주야간으로 나누어 보여준다.
- ② 검색기능 : 자료 검색을 원하는 날짜의 데이터를 보여준다.
- ③ 출력기능 : 화면상에 나타나는 데이터를 화면 양식으로 출력한다.
- ④ 상태신호 감시 : 출력(PRINT) 및 검색일 입력상태를 감시한다.

3.2.2 일일 차종별 생산대수

- ① 1일의 차량 생산대수를 차종별, 색상별, 부스별, 주야간으로 나누어 보여준다.
- ② 검색기능 : 자료 검색을 원하는 날짜의 데이터를 보여준다.
- ③ 출력기능 : 화면상에 나타나는 데이터를 화면 양식으로 출력한다.
- ④ 상태신호 감시 : 출력 및 검색일 입력상태를 감시한다.

<그림 3-8> 일일 차종별 생산대수 화면

3.2.3 부스 입구 생산현황

- ① 1일의 부스 진입(생산)차체를 부스별로 나누어 차량 정보를 보여준다.
- ② 검색기능 : 자료 검색을 원하는 날짜의 데이터를 보여준다.
- ③ 출력기능 : 화면상에 나타나는 데이터를 화면 양식으로 출력한다.
- ④ 상태신호 감시 : SCROLL, 출력, 검색일 입력상

〈그림 3-12〉 일별 CS 출구 컬러호출 화면

3.2.7 일일 시간대별 생산대수

- ① 1일의 차량 생산대수를 색상별로 한시간 단위로 보여준다.
- ② 검색기능 : 자료 검색을 원하는 날짜의 데이터를 보여준다.
- ③ 출력기능 : 화면상에 나타나는 데이터를 화면 양식으로 출력한다.
- ④ 상태신호 감시 : 출력 및 검색일 입력상태를 감시한다.

〈그림 3-13〉 일일 시간대별 생산대수 화면

3.2.8 부스 비가동현황

- ① 1일의 상도부스 1, 상도부스 2의 고장시간과 고장횟수를 보여준다.
- ② 검색기능 : 자료 검색을 원하는 날짜의 데이터를 보여준다.
- ③ 출력기능 : 화면상에 나타나는 데이터를 화면 양식으로 출력한다.

- ④ 상태신호 감시 : 출력 및 검색일 입력상태를 감시한다.

〈그림 3-14〉 부스 비가동현황 화면

3.2.9 일별 색상변경비용

- ① 1일의 색상변경비용을 부스별로 보여준다.
- ② 검색기능 : 자료 검색을 원하는 날짜의 데이터를 보여준다.
- ③ 출력기능 : 화면상에 나타나는 데이터를 화면 양식으로 출력한다.
- ④ 상태신호 감시 : SCROLL, 출력, 검색일 입력상태를 감시한다.

〈그림 3-15〉 일별 색상변경비용 화면

3.2.10 변수

사용자의 요구에 의해 프로그램이 실행되면 현재 사용되고 있는 색상명, 색상번호, 색상변경비용 등을 연계하여 보여주고 변경 저장 신호를 감시한다. 사용자가 어느 것이든 원하는 사항을 변경한 후에 저장 버튼을 선택하면 데이터 파일이 변경되며 이 데이터 파일을 사용하는 다른 어떤 프로그램에서도 동시에 변하게 되어 추가적인 작업이 필요 없게 된다.

변수				RUNK	저장	닫기	
TAG NO	NAME	손실금액(원/회변경)		TAG NO	NAME	손실금액(원/회변경)	
		#1부스	#2부스			#1부스	#2부스
1	RED	10000	10000	12	RED	10000	10000
2	ORANGE	10000	10000	13	ORANGE	10000	10000
3	YELLOW	10000	10000	14	YELLOW	10000	10000
4	GREEN	10000	10000	15	GREEN	10000	10000
5	BLUE	10000	10000	16	BLUE	10000	10000
6	PURPLE	10000	10000	17	PURPLE	10000	10000
7	PINK	10000	10000	18	PINK	10000	10000
8	BROWN	10000	10000	19	BROWN	10000	10000
9	GRAY	10000	10000	20	GRAY	10000	10000
10	BLACK	10000	10000	21	BLACK	10000	10000
11	WHITE	10000	10000	22	WHITE	10000	10000

〈그림 3-16〉 변수변경 화면

3.2.11 주 프로그램과의 관계

주 프로그램이 구동하면서 생성한 생산현황과 관련된 데이터 파일을 토대로 해당 현황조회 프로그램의 목적에 맞게 추적하여 변환한다.

4. 인입 및 인출 알고리즘

인입 알고리즘과 인출 알고리즘의 설계시 고려한 요소들은 다음과 같다.

(1) 저장창고(Buffer)의 구조

저장창고에 5개의 레인이 있으므로 인입 및 인출시 고려하는 레인은 최대 5개가 된다. 각 레인 당 10대의 차체가 저장 가능하므로 최대 재공대수는 50대이다. 하지만 CS내의 최대 재공대수는 MAX에 의해 설정된다.

(2) 도장부스(Paintng Booth)

로봇이 사용되는 도장부스 1과 수작업이 행해지는 도장부스 2가 있다. CS에서 인출된 차체는 각 도장부스에 교대로 투입되어야 한다.

(3) 색상(Color)

현재 상도의 도장부스에서 도색되는 색상은 22종이다.

각 색상별 도료의 가격이 다르므로 세정시 도료손실 등으로 인한 색상별 변경비용(Change Cost)이 서로 다르다. 따라서 도료가격이 비싼 색상의 차체들은 연속으로 도장이 되도록 하여야 할 것이다.

또한 부스 1의 색상별 변경비용이 부스 2의 비용보다 약 4배 가량 비싸다. 그러므로 부스 2보다 부스 1에 동일한 색상의 차체를 연속으로 투입하여야 할 것이다.

이러한 요소들이 차체의 인입 알고리즘 및 차체의 인출 알고리즘의 설계에 반영되었다. 만일 상기의 요소들이 변화하면 인입 및 인출 알고리즘도 상당한 부분이 바뀌어야 할 것으로 보인다.

본 연구에서 컬러효율 (Color Change Ratio)이란 용어가 SCADA 시스템에 의한 감시(Monitoring)화면, 일별 CS출구 컬러효율, 일별 부스입구 컬러효율 등에서 사용되었다.

컬러효율(또는 컬러변화율)을 CS입구나 각 도장부스에 동일한 색상의 차체들이 연속으로 인입되는 평균대수라고 정의하고 컬러효율 = 총 차체수/총 컬러변화 횟수로 측정할 수 있다.

예를 들어 설명하면 다음과 같다.

컬러번호가 1인 차체와 2인 차체가 각각 3대씩 모두 6대가 인입된다고 하자.

만약 1-2-1-2-1-2 순으로 인입되면 첫 차체를 포함하여 컬러변경횟수는 6번이므로 컬러효율(Color Change Ratio)은 1 (=6/6)이 된다.

반면에 1-1-1-2-2-2 순으로 인입되면 컬러변경횟수는 2번이므로 컬러효율은 3 (=6/2)이 된다.

도장공장의 중도공정을 거쳐 CS에 인입되는 차체의 인입컬러효율 (Input Color Change Ratio)과 CS에서 인출되어 상도의 각 도장부스에 투입되는 차체의 인출 컬러효율(Output Color Change Ratio)의 비교가 CS에서의 컬러 그룹핑(Color Grouping)의 효율성을 평가하는 중요한 척도가 될 수 있다.

일반적으로 컬러효율이 높아지면 색상변경비용이

낮아지지만, 반드시 그렇다고 할 수는 없다. 이는 색상별로 색상변경비용이 다르기 때문이다.

하지만 현장의 CS관리자들은 색상변경비용보다는 동일한 색상의 차체가 평균적으로 몇 대나 연속으로 인입 또는 인출되었는가를 나타내는데 있어 직관적인 컬러효율을 더 선호하기에 감시(Monitoring)화면이나 기타 자료에서 이러한 척도를 사용하였다.

4.1. 인입 알고리즘

Q316의 첫 칸에 차체가 도달하면 인입라인이 결정되기를 기다린다. 만약 재공대수가 MAX보다 크면 인입이 보류되며, 재공대수가 MAX이하인 경우에는 차체가 인입될 레인이 인입 알고리즘을 통하여 결정된다. 이 인입 알고리즘은 한번에 한 차체에 대해서만 인입라인을 결정하는 동적 배정방식(Dynamic Dispatching)을 취하고 있다.

인입 알고리즘은 가능한 각 레인에 동일한 색상의 차체를 연속으로 인입시켜 CS에서의 차체인출시 컬러효율(Color Change Ratio)을 높여 색상변경비용(Color Change Cost)을 절감코자 한다.

CS입구에서 인입대기중인 차체의 인입라인을 결정하는 인입 알고리즘을 간략히 설명하면 다음과 같다.

1. 인입될 차체의 색상(Color) 읽기
2. 인입가능한 각 레인의 마지막 차체(Last Body)의 색상 읽기
 - 재공대수가 10대인 레인은 만량레인(Full Lane)이어서 인입가능하지 않으므로 제외함
3. 인입될 차체의 색상과 마지막 차체의 색상이 동일한 레인의 검색
 - 3.1. 한 레인만 있으면 이 레인을 인입라인으로 결정
 - 3.2. 2개 이상의 레인이 있으면
 - 3.2.1. 해당레인에서 마지막 차체로부터 마지막 차체의 색상과 동일한 색상의 차체의 연속횟수가 가장 큰 레인을 인입라인으로 결정
 - 3.2.2. 연속횟수가 동일하면 재공대수가 작은 (빈공간이 많은) 레인을 인입라인으로

결정

3.3 한 레인도 없으면

- 3.3.1. 인입될 차체의 색상과 동일한 색상의 차체가 마지막에서 두번째에 위치한 레인이 있으면 이 레인을 인입라인으로 결정
- 3.3.2. 마지막 차체의 색상이 다음에 인입될 차체(들)의 색상과 연속이 될 가능성이 없는 레인을 인입라인으로 결정
- 3.3.3. 재공대수가 작은 (빈공간이 많은) 레인을 인입라인으로 결정
- 3.3.4. 어떤 레인도 가능

알고리즘 3.1과 3.2는 인입될 차체의 색상과 동일한 색상의 차체가 있는 레인이 적어도 하나 이상이 있는 경우로서 인입이 결정된 레인에는 동일한 색상의 차체가 연속으로 위치하게 된다. 특히, 알고리즘 3.2는 인입될 차체의 색상과 동일한 색상의 차체가 있는 레인이 2개 이상인 경우에 이 색상의 차체의 연속횟수가 가장 큰 레인을 우선적으로 선택하게 되며 (알고리즘 3.2.1), 연속횟수가 동일하면 재공대수가 작은 레인으로 결정한다 (알고리즘 3.2.2).

알고리즘 3.3은 인입될 차체의 색상과 동일한 색상의 차체가 있는 레인이 한개도 없는 경우로서 3가지의 레인선정기준이 제시되어 있다.

첫째, 인입될 차체의 색상과 동일한 색상의 차체가 마지막에서 두번째에 위치한 레인이 있으면 이 레인을 인입라인으로 결정하는데 이유는 다음과 같다. 2개의 도장부스에 차체를 교대로 투입하기 때문에, 현재 마지막에 위치한 차체를 한 도장부스로 인출하게 되면 다른 도장부스에는 동일한 색상의 차체가 연속으로 투입될 수 있기 때문이다.

둘째, 마지막 차체의 색상이 다음에 인입될 차체(들)의 색상과 연속이 될 가능성이 없는 레인을 인입라인으로 결정하는 이유는 다음과 같다.

Lane의 마지막 차체의 색상이 PreBuffer내의 곧 인입될 차체(들)의 색상과 연속이 될 가능성이 있는 레인을 선택하지 않음으로써 이 색상의 연속가능성을 높일 수 있기 때문이다.

셋째, 재공대수가 작은(빈공간이 많은) 레인을 선택하는 이유는 자명하다.

이러한 레인선정의 기준들은 인입되는 차체들의 색상유형을 분석한 후 우선순위를 정하여야 할 것이다.

4.2. 인출 알고리즘

한 도장부스에 투입될 차체가 CS출구를 떠나면, 다른 도장부스에 투입될 차체의 인출레인을 결정하여야 한다. 만일 다른 부스의 사용이 불가능하다면 한 부스에 차체를 계속 투입하여야 할 것이다. 이 때 재공대수가 MIN이하이면 인출이 보류되며, 재공대수가 MIN보다 크거나 EMPTY 상태인 경우에는 차체를 인출할 레인이 인출 알고리즘을 통하여 결정된다. 이 인출 알고리즘도 인입 알고리즘과 마찬가지로 한 번에 한 부스에 투입할 차체의 인출레인만을 결정하는 동적 배정방식(Dynamic Dispatching)을 취하고 있다. 이는 도장부스의 빈번한 일시적인 정지와 고장으로 인하여 인출차체들을 미리 결정할 필요가 없으며, 인출 알고리즘이 소요시간의 측면에서 충분히 동적 배정방식을 지원할 수 있기 때문이다.

인출 알고리즘은 가능한 한 각 도장부스에 동일한 색상의 차체를 연속으로 투입시켜 인출컬러효율(Output Color Change Ratio)을 높임으로써, 도장부스에서 발생하는 총색상변경비용(Total Color Change Cost)을 절감하고자 한다.

이미 언급한 바와 같이 도장부스 1과 도장부스 2의 색상별 변경비용이 상이하다. 도장부스 1의 경우 로봇을 이용하고 도장부스 2는 수작업에 의존하므로 도장부스 1의 색상변경비용이 도장부스 2의 비용보다 약 4배 가량 비싸다. 이는 도장부스 1에서의 1회 색상변경의 비용과 도장부스 2에서의 4회 색상변경의 비용이 거의 비슷함을 의미한다. 그러므로 도장부스 2와 비교하여 도장부스 1에 투입되는 차체의 컬러의 연속횟수가 커야 할 것이다. 알고리즘의 개발과정에서 실시된 제한적인 그리고 예비적인 시뮬레이션의 결과는 도장부스 1과 2의 컬러효율의 비가 약 4:1인 경우에 총색상변경비용이 최소가 되는 경향을 보여주었다.

본 논문에서는 도장부스 1과 2가 모두 가동되는 경우 각 도장부스에 투입될 차체의 인출레인을 결정하는 알고리즘을 간략히 제시한다.

4.2.1 도장부스 1을 위한 인출 알고리즘

이 알고리즘은 부스 1에 투입될 차체의 인출을 위한 알고리즘이다. 부스 1의 1회 색상변경비용이 부스 2에 비해 약 4배 비싸기 때문에 연속횟수가 큰 색상의 차체를 우선적으로 인출하여 부스 1에 투입한다. 이 알고리즘에서 부스 1의 색상이란 부스 1에 직전에 마지막으로 투입되었던 차체의 색상으로 정의하여 사용한다. 부스 2의 색상도 마찬가지로 정의하여 사용한다.

1. 부스 1의 색상과 각 레인의 첫번째 차체의 색상 읽기

2. 부스 1의 색상과 동일한 색상의 첫번째 차체가 있는 레인의 검색

2.1. 한 레인만 있으면 이 레인을 인출레인으로 결정

2.2. 2개 이상의 레인이 있으면, 해당레인의 두번째 차체의 색상이 부스 2의 색상과 동일한지를 검색

2.2.1. 한 레인만 있으면 이 레인을 인출레인으로 결정

2.2.2. 두개 이상의 레인이 있으면

(1) 해당레인의 세번째 차체의 색상이 부스 1의 색상과 동일하면 이 레인을 인출레인으로 결정

(2) 해당레인의 세번째 차체의 색상이 부스 2의 색상과 동일하면 이 레인을 인출레인으로 결정

(3) 재공대수가 큰 레인을 인출레인으로 결정

2.2.3 한 레인도 없으면 (두번째 차체의 색상이 부스 2의 색상과 동일한 레인이 하나도 없는 경우)

(1) 해당레인의 두번째 차체의 색상이 부스 1의 색상과 동일하지 않으면, 두번째 차체의 색상의 연속횟수가

제일 큰 레인을 인출레인으로 결정
 (2) 해당레인의 두번째 차체의 색상이 부스 1의 색상과 동일하면 (즉, 첫번째와 두번째 차체의 색상이 연속인 경우), 이 색상의 연속횟수가 제일 작은 레인을 인출레인으로 결정

2.3. 한 레인도 없으면 (부스 1의 색상과 동일한 색상의 첫번째 차체가 있는 레인이 하나도 없는 경우)
 부스 2의 색상과 동일하지 않는 첫번째 차체의 색상들 중 연속횟수가 제일 큰 색상의 차체가 있는 레인을 인출레인으로 결정

알고리즘 2.1과 2.2는 부스 1의 색상과 동일한 색상의 차체가 있는 레인이 적어도 한 개 이상 있는 경우로서 부스 1에 동일한 색상의 차체가 연속으로 투입되기 때문에 색상변경비용이 발생되지 않는다. 특히, 알고리즘 2.2.2는 부스 1의 색상과 동일한 색상의 차체가 있는 레인이 2개 이상인 경우에 해당레인의 두번째 색상이 부스 2에 투입되었던 마지막 차체의 색상과 동일한 레인을 우선적으로 선택하여, 부스 2의 컬러효율(Color Change Ratio)을 높여준다. 알고리즘 2.2.2의 (1)은 해당레인의 세번째 색상이 부스 1의 색상과 동일한 레인에서 우선적으로 인출하고, 다음으로는 알고리즘 2.2.2의 (2)에 의해 부스 2의 색상과 동일하면 인출함으로써 부스 1의 색상변경비용이 부스 2에 비해 비싼 점을 고려하고 있다. 그리고 알고리즘 2.2.2의 (3)은 재공재수가 큰 레인을 인출레인으로 결정함으로써 이 레인의 마지막 차체의 색상과 동일한 색상의 차체가 만량으로 인하여 이 레인에 인입되지 못하고 다른 레인에 인입되는 것을 방지한다.

알고리즘 2.2.3의 (1)은 첫번째 차체를 빨리 인출시켜 색상의 연속성이 큰 차체의 인출을 가능하게 함으로써 현재 인출되고 있는 색상의 차체가 다 인출된 후에 이용하기 위한 것이다.

알고리즘 2.2.3의 (2)는 현재 인출되고 있는 색상의 차체를 연속횟수가 제일 작은 레인에서 인출시킴으로써 이 레인에서 다른 색상의 차체를 빨리 노출시켜 부

스 2의 컬러 그룹핑(Color Grouping)을 도와줄 가능성이 있기 때문이다.

알고리즘 2.3은 부스 1이 부득불 색상변경(Color Change)을 하여야 하는 상황으로 부스 2에 현재 투입되고 있는 색상의 차체가 있는 레인을 배제함으로써 부스 2의 컬러 그룹핑(Color Grouping)을 방해하지 않으면서 부스 1의 컬러효율을 높이려는 것이다.

4.2.2 도장부스 2를 위한 인출 알고리즘

이 알고리즘은 부스 2에 투입될 차체의 인출을 위한 알고리즘으로서, 이 인출 알고리즘에서 고려하고 있는 사항들만 간략히 설명하면 다음과 같다.

부스 2의 색상변경비용이 부스 1에 비해 약 4배 정도 싸기 때문에 부스 1이 1번 색상변경을 하는 동안에 부스 2는 4번 정도의 색상변경을 할 수 있을 것이다. 그러므로 부스 1에는 연속횟수가 큰 색상의 차체들을 투입시키고 부스 2에는 비교적 연속횟수가 작은 색상의 차체들을 투입시키는 것이 색상변경비용을 절감하는 방법이 될 수 있을 것이다.

그리고 부스 1의 색상변경을 피할 수 있다면, 부스 1의 색상변경을 요구하는 다른 색상의 차체를 부스 2에 투입시키는 것도 색상변경비용을 절감하는 방법이 될 수 있을 것이다. 이 경우에 부스 2가 현재의 색상을 포기하고 부스 1을 위하여 다른 색상의 차체를 선택함으로써 색상변경비용이 발생하게 되나 이것으로 인하여 부스 1의 비싼 색상변경비용은 피할 수 있게 된다. 이 때 부스 2에 다른 색상의 차체를 투입한 후에 다시 원래의 색상의 차체를 투입하게 되면 총 2번의 색상변경이 발생하게 되나 약 4배 정도 비싼 부스 1의 색상변경비용을 절감한 것을 고려하면 여전히 경제적이라 할 수 있다. 즉, 부스 1의 컬러효율을 높이기 위하여 부스 2가 희생한 경우라 할 수 있다.

예를 들면 인출레인으로 고려하고 있는 어떤 레인의 두번째 차체의 색상이 부스 1의 색상과 동일하나, 이 레인의 첫번째 차체의 색상은 부스 2의 색상도 부스 1의 색상도 아니라고 하자. 만약에 두번째 차체가 부스 1에 투입되지 않으면 부득이 색상이 변경되어야 한다면, 먼저 부스 2의 색상과 다른 이 첫번째 차체를 부스 2에 투입하여 색상변경을 하고, 다음에는 부스

1의 색상과 동일한 두번째 차체를 부스 1에 투입하는 것이 총색상변경비용을 줄이는 방법이 된다.

5. 적용효과

본 논문에서는 도장공장의 상도공정에서의 Color Selection을 자동화하여 성공적으로 운영하고 있는 H사의 사례를 소개하였다.

H사는 종전에 사용하였던 외국의 시스템과 비교하여 볼 때, 자체적으로 개발한 Color Selection 시스템의 자동화로부터 다음과 같은 효과를 얻을 수 있었다.

1) 색상변경비용의 절감

컬러 그룹핑(Color Grouping)의 효율이 높아짐에 따라, 연간 30만대의 차량을 조립생산하고 있는 H사의 도장공장의 경우 연간 약 2억 1천만원의 비용이 절감되었다.

특히, 본 연구결과의 적용시 기대효과의 계량적인 측정이 가장 용이한 분야가 색상변경비용의 절감이라고 할 수 있겠다.

2) 수리보전(Maintenance)기간의 단축

CS시스템의 고장시 신속한 보수가 가능해졌으며 A/S비용도 절감되었다. 따라서 고장기간 동안 발생되었던 상당한 색상변경비용의 손실도 감소되었다.

이전까지는 1년에 약 30일 정도 시스템의 고장이 발생하여 PLC에 의해 차체가 인입, 저장, 인출되는 방식으로 운영되었다. 이 경우에는 차체가 CS에 인입된것과 거의 비슷하게 CS에서 인출되므로 컬러 그룹핑(Color Grouping)이 제대로 이루어지지 않아 이로 인하여 상당한 색상변경비용의 손실이 발생하였다.

3) Color Selection에 필요한 정보의 정확도의 향상
RF-Tag에 기록되어 있는 차량에 관한 정보를 RF-안테나를 통하여 읽어들이는 RF (Radio Frequency) 시스템을 2개 지점에 설치하여 이용함으로써, CS의 관리범위 내에서 차체의 추적(Tracking)

의 정확성이 종전의 약90%에서 99.5%로 향상되었다. 따라서, 차량확인번호(VIN)와 색상번호(Color Number)가 확인되지 않은 무정보(No Data)차량으로 인하여 발생되었던 색상변경손실이 크게 절감되었다.

기존시스템에서 결여되어 있던 여러 종류의 정보가 현황조회 프로그램에 의해 신속한 입수가 가능해져, CS에서의 차체의 인입, 저장, 인출에 관한 정확하고 신속한 의사결정이 가능하게 되었다.

4) 사용자 편의성의 증대

CS운영프로그램에 변수설정의 기능이 첨가되어 도장컬러의 삭제/추가, 도료가격의 변동으로 인한 색상변경비용의 변경도 용이하게 할 수 있게 되어 사용자 편의성이 크게 증대되었다.

5) Multi-User 사용가능

개발된 CS시스템은 Multi-User환경하에서 사용이 가능하게 설계되어 있으므로 상도공정에서 뿐만 아니라 PBS (Painted Body Storage) 및 생산관리 부서에서도 CS의 제반 현황을 파악할 수 있다. 향후에도 CS의 현황 파악이 필요한 부서에서는 View 노드만 추가로 설치하면 된다.

6) 기술축적

성공적으로 개발되어 적용되고 있는 CS시스템은 사내적으로 기술력을 인정받아 H사의 타승용차의 도장공장과 신규 도장공장에도 적용될 예정이다.

한편, H사의 관련부서에서 "상도 도료절감과 칼라셀렉션 S/W 국내개발"이라는 제목으로 한국능률협회권선달이 주최한 1995년도 VE대상에 응모하여 개인상을 수상함으로써, CS시스템은 대외적으로도 기술력을 인정받았다.

마지막으로, 상도의 품질을 향상시키기 위하여 보통 3-4종류의 도료로 중간 칠을 하는 중도공정도 본 CS시스템의 적용이 가능한 것으로 보인다.

6. 요약 및 결론

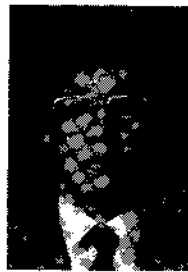
자동차 도장공장의 마지막 도색공정인 상도공정에서는 도장할 차체의 색상이 직전에 도장된 차체의 색상과 다르면 스프레이 노즐에 남아있는 직전차체의 도료를 세정하여야 하는데, 이때 도료손실과 세정비용 등의 색상변경비용이 발생한다. 이러한 비용을 줄이기 위하여 동일한 색상의 차체들이 가능한 한 연속으로 도장될 수 있도록, 상도공정 직전에 동일한 색상의 차체들을 모으는 저장창고(Color Grouping Buffer)가 운영되고 있다. 본 논문에서는 도장공장의 상도공정에서의 색상변경비용을 줄일 수 있도록 저장창고에서의 차체의 인입, 저장, 인출을 실시간에 제어하는 Color Selection 시스템을 자동화하여 성공적으로 운영하고 있는 사례를 소개하였다.

자동차 조립공장에서는 마지막 공정인 외장공장의 각 작업장에서의 작업부하와 부품소요량을 평준화하기 위하여, 다양한 사양의 차량들을 혼류생산(Mixed-Model Production) 한다. 따라서, 자동차 조립공장의 첫번째 조립라인인 차체공장의 1일 조립생산순서도의 장공장을 고려한 평준화된 혼류생산계획에 따라 이루어진다. 이러한 혼류생산계획에서는 차체의 색상이 고려되고 있지 않으나, 도장공장의 상도공정의 컬러효율을 더욱 높일 수 있도록 혼류생산계획의 수립에 있어서 컬러 그룹핑(Color Grouping)을 고려하여야 할 것이다.

【참고문헌】

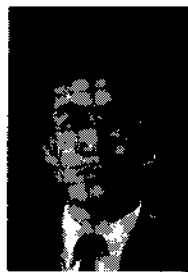
[1] Baker, K.R., "Introduction to Sequencing and Scheduling", John Wiley & Sons, New York, 1974.
 [2] French, S., Sequencing and Scheduling: An Introduction to the Mathematics of the Job Shop, John Wiley & Sons, New York, 1982.
 [3] Intellution, FLX DMACS GUI for MS-Windows, Version 4.0, Intellution, Inc., Norwood, MA, 1993.

[4] Lawler, E.L., Lenstra, J.K., Rinooy Kan A.H.G., Shmoys D.B., The Traveling Salesman Problem, John Wiley & Sons, New York, 1985.
 [5] Monden, Y., Toyota Production System, 2nd. ed., Institute of Industrial Engineers, Norcross, Georgia, 1993.
 [6] Morton, T.E. and D.W. Pentico, Heuristic Scheduling Systems, John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, 1993.



박해규

1977 서울대학교 경영학과 (경영학사)
 1979 한국과학기술원 산업공학과 (공학석사)
 1990 University of Pennsylvania (경영학박사)
 현재 울산대학교 경영학과 부교수
 관심분야: 생산계획 및 통제, 일정계획



최원준

1977 서울대학교 경영학과 (경영학사)
 1979 한국과학기술원 산업공학과 (공학석사)
 1987 University of Florida (공학박사)
 현재 울산대학교 산업공학과 교수
 관심분야: 생산일정계획, 물류시스템, 시뮬레이션



신현오

학력: 서울대학교 공과대학 기계공학과
 경력: 현대자동차 근무중
 관심분야: ROBOT, COMPUTER 및 자동제어를 응용한 공장자동화 부문