

**시물레이션을 이용한 자동차 Front End Module 공급시스템 개선 방안**  
**A Simulation Study on the Automobile Front End Module Supply Chain System**

박창권<sup>1</sup>, 한상덕<sup>2</sup>

<sup>1</sup>울산대학교 산업정보경영공학부, ckpark@mail.ulsan.ac.kr,

<sup>2</sup>현대자동차 생산기술센터, hadsam@hyundai\_motor.com

최근 자동차 제조업체들은 치열한 국제경쟁시대에 생존하기 위하여 원가 절감 및 개발기간 단축, 품질 향상을 위하여 모듈화라는 새로운 자동차 생산 방식을 적용하고 있다. 본 연구에서는 자동차 모듈화 부품의 한 종류인 Front End Module (FEM)을 대상으로 생산시스템 계획단계에서 대상 부품의 직서열 공급시스템 적용 가능성을 컴퓨터 시물레이션 기법을 적용하여 입증하고, 직서열 공급시스템 운영방안을 제시하여 물류비용을 절감하고자 한다.

연구 대상인 완성차업체의 의장라인과 모듈 업체의 조립라인 및 모듈 공급시스템을 모델링하여, FEM 공급시스템을 운영 방안별로 시물레이션을 통하여 직서열 공급시스템의 적용 가능성을 입증하고, 운반 차량의 적정 소요 대수 및 FEM 운반용 캐리어 대수를 제시한다.

## 1. 서론

현재 자동차 산업은 이미 생산능력이 수요를 초과하여 공급과잉상태에 놓여있으며 완성차업체들은 치열한 국제경쟁시대에 생존하기 위하여 원가절감, 개발기간단축, 품질향상을 통한 제품의 경쟁력 강화에 사활을 걸고 있다. 최근 경쟁력을 강화하기 위한 전략의 일환으로 '모듈화'라는 새로운 자동차 생산시스템의 적용이 확대되고 있다. 모듈은 여러 종류의 부품들이 부위별로 정리되어 조립된 부품의 집합체이고, 모듈화란 부품업체가 제품의 설계단계부터 개발에 직접 참여하여 설계, 생산 및 품질에 대한 모든 책임을 지고 관련 부품들을 조립하여 완성차업체에 모듈단위로 공급하는 방식이다. 이는 기존에 모든 부품을 개별 부품업체에서 별도로 생산 및 조립하여 완성차업체에 납품하는 방식과 달리 연관성이 높은 여러 부품을 한 업체에서 모듈로 조립하여 납품함으로써 완성차업체에서 조립의 효율성과 생산성을 높일 수 있는 새로운 생산시스템이다.

모듈은 여러 관련 부품이 조립되어 완성된 집합체이므로 모듈을 구성하고 있는 부품의 사양수에 따라 모듈의 사양 수는 기하급수적으로 증가하게 된다. 하나의 모듈에 대해서도 사양 수가 많기 때문에 완성차업체에서는 결과적으로 인한 생산라인 정지를 방지하기 위하여 완성차업체의 부품창고 및 라인 사이드 재고량이 증가하게 된다.

기존 생산시스템에 대한 수정 없이 모듈화를 적용하게 될 경우 소요되는 창고 면적의 증가, 재고 유지비용의 증가, 이종장착으로 인한 품질 문제 유발 및 자재취급의 어려움 등 많은 문제점이 발생한다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 조립되는 자동차의 서열 순서와 같은 순서로 모듈을 업체에서 서브 조립하여 완성차업체의 조립라인 장착공정까지 직접 공급하는 직서열 공급시스템을 적용해야 한다. 직서열 생산시스템의 적용 가능성을 판단하는 기준은 부품업체에서 완성차업체의 장착공정까지의 조립, 상차, 운반, 하차 및 장착공정 라인사이드 투입까지 총 공급 소요시간과 자동차 조립라인에 투입된 차체가 모듈 장착공정까지 도착하는 시간과의 비교이다. 만약 모듈의 공급 소요시간이 차체의 장착공정 도착시간보다 많이 소요되어 결품이 발생하게 되면 자동차 조립라인이 정지하게 되므로 직서열 생산시스템의 적용이 불가능하게 된다.

본 연구에서는 신차(신형 소형차) 조립라인에 적용될 여러 모듈화 품목 중 FEM(Front End Module)을 대상으로 시물레이션 기법을 이용하여 모듈의 공급 소요시간과 차체의 장착공정 도착 소요시간 비교에 의한 직서열 공급시스템 적용 가능성을 입증하고, 혼류생산 비율과 시간당 생산량 (UPH: Unit Per Hour)별로 시물레이션을 수행하여 운영조건에 대하여 적정 모듈 운반차량대수 및 모듈 운반용 캐리어 운영대수 산정 및 라인사이드 재고절감 방안을 제시하여 물류비용을 줄이고자 한다.

## 2. 모듈 생산시스템

### 2-1 모듈화

모듈은 여러 가지 부품들이 부위별로 정리되어 조립된 부품의 집합체이고, 모듈화란 기존에 모든 부품을 개별 협력업체에서 별도로 생산 및 조립하여 완성차업체에 납품하는 것과 달리 연관성이 높은 여러 부품을 한 업체에서 모듈로 조립하여 납품함으로써 완성차업체에서 조립의 효율성과 생산성을 높일 수 있는 생산방식이다.

모듈화는 모듈을 공급하는 업체에서 각 부위별 부품을 1차 조립하여, 그 서브 조립된 모듈을 자동차 업체에 공급하고, 완성차업체는 수십개 정도의 모듈만으로 하나의 완성된 자동차를 만들게 한다는 개념이다. 모듈화는 부품의 적시공급(JIT)방

식과 함께 완성차업체의 비용을 절감할 수 있는 가장 효과적인 수단의 하나로 자리 잡아가고 있다. 뿐만 아니라 모듈화는 자동차 부품의 설계단계에서 모듈 단위로 단품을 설계하기 때문에 조립과정 상 문제를 최소화할 수 있고 부품 수와 조립공수를 크게 줄일 수 있는 장점을 지니고 있다.

본 연구 대상인 FEM(Front End Module)은 자동차의 앞부분을 구성하는 모듈로 범퍼패널, 헤드램프, 클러킹시스템 등의 부품으로 구성되어 있으며, FEM의 구성도는 그림 1과 같다. FEM은 비교적 많은 수의 부품이 서브 조립되어 하나의 모듈로 구성되는데 각각의 부품은 소비자의 선호도 및 수입국가 법규 등의 이유로 사양이 많으므로 부품의 집합체인 FEM의 사양은 당연히 기하급수적으로 증가하게 된다.

만약 FEM에 대하여 모듈 직서열 공급시스템을 적용하지 않는다면 최소한 라인사이드에 총 사양 수만종의 모듈이 사양별로 구분되어 적정 재고 수준을 유지해야 할 것이며, 또한 결과적으로 인한 생산라인 정지현상 방지를 위하여 완성차업체의 부품창고 및 라인사이드 재고 수준이 증가 될 수밖에 없다. 모듈화를 기존 생산시스템에 대한 수정 없이 적용하게 될 경우 소요되는 창고 면적의 증가, 재고유지비용의 증가, 이종장착으로 인한 품질 문제 유발 및 자재취급의 어려움 등 많은 문제점이 발생한다.

## 2-2 모듈 직서열 공급시스템

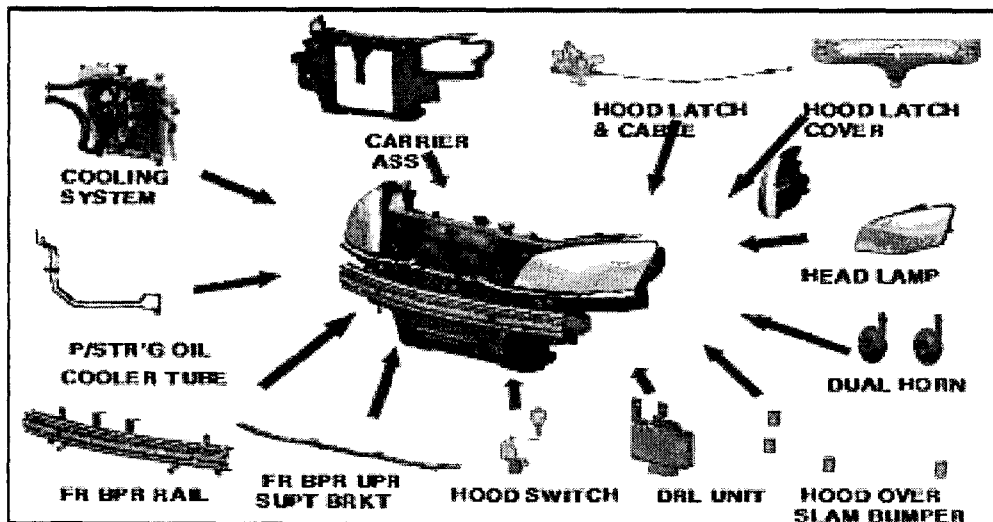
보통 자동차의 주 생산 흐름은 프레스 공장에서 자동차 외관 및 보강판을 생산하여 차체 공장으로 공급하고, 차체공장에서는 약 300-400개의 철판을 조립 치구들 이용 용접하여 차의 외관 형상을 구성하고, 각종 부품을 부착 하기 위한 패대역할을 하는 BIW(Body In White)를 만들어 WBS(White Body Storage)로 보내며 WBS에서 다시 도장공장으로 공급한다. 도장공장에서는 방청을 목

적으로 한 전처리, 전착 공정과 미관을 목적으로 한 중도 및 상도 공정을 거쳐 PBS(Painted Body Storage)로 보내 대기시키고 의장공장의 생산성을 극대화하는 순서로 PBS에서 대기하고 있는 차체를 의장공장에 투입 시킨다.

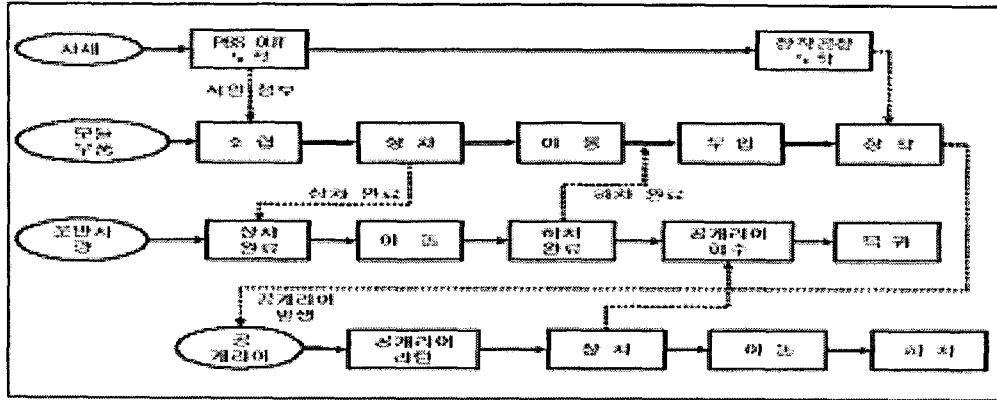
의장공장에 투입된 차체는 TRIM, CHASSIS, FINAL, OK라인을 거치며 각종 기능품의 부착 및 조립이 대부분 수작업으로 이루어지고 검차 라인을 거쳐 최종 완성된다. 최종 의장라인에 투입되기 전 차체 및 도장라인에서 불량발생으로 인한 수정작업, 장비 고장 및 결품 발생으로 인한 라인 정지, 도장라인 상도 진입 전 Color grouping 등의 요인으로 차체 투입 순서와 최종 의장 조립 순서는 일치하지 않는다. 그러므로 의장라인에서 조립될 차체의 사양은 PBS에서 인출되는 시점에서야 확정된다. PBS에서 의장라인 투입을 대기하고 있는 차체가 인출됨과 동시에 차체에 부착된 사양정보가 스케닝으로 입력되고, 이 정보는 온라인으로 모듈업체의 서열프린터로 출력된다. 모듈 업체에서는 이 시점에서 공급해야 될 모듈의 사양이 확정되므로 서브조립을 시작할 수 있다.

완성된 모듈의 운반차량 하역 시 서열순서의 혼란발생 예방과 모듈 공급의 원활한 흐름을 위하여 1회 운반차량의 적재량만큼 서열정보가 누적될 때까지 대기하고 있다가 모듈 조립을 역순으로 하는 경우도 있다. 모듈업체에서 서브조립 완료 후 전용 캐리어에 탑재된 상태로 운반차량에 상차된 모듈은 완성차업체 의장공장 하차장까지 운반되고 전용 하역설비에 의하여 하차되어 장착공정 라인사이드까지 이송된다.

모듈이 자동차 서열순서에 맞게 장착되고 난 후 발생되는 빈 캐리어는 별도의 운반설비에 의하여 의장공장 하차장으로 이송되며 모듈의 라인사이드 투입을 완료한 후 대기하고있는 운반차량에 상차되어 모듈 업체까지 이동하여 재사용된다. 모듈 직서열 공급시스템의 전체 흐름은 그림 2와 같다.



[그림 1] 자동차의 FEM 구성도



[그림 2] 모듈 직서열 공급시스템 흐름도

### 3. FEM 직서열 공급시스템 시뮬레이션

#### 3-1. 시뮬레이션 개요

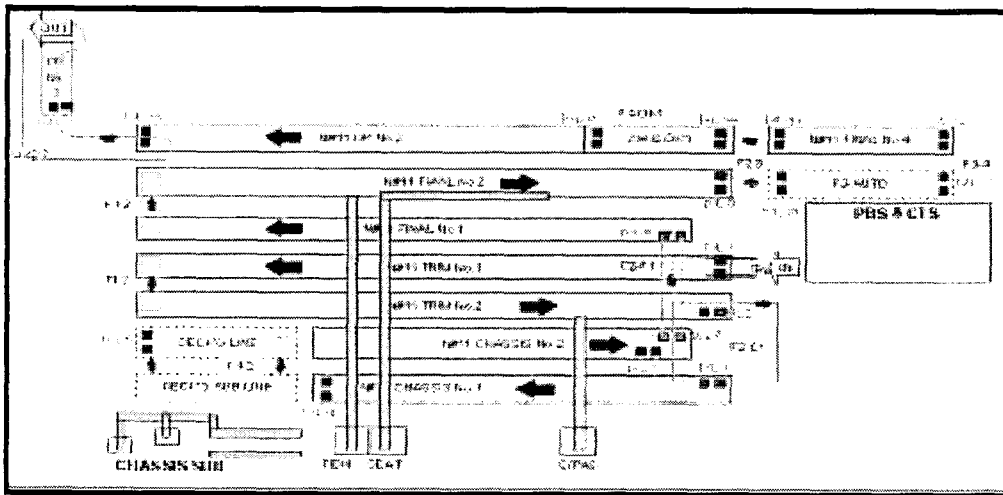
연구 대상인 FEM(Front End Module)은 국내 최초로 양산 차종에 적용 될 모듈 중 하나이다. FEM은 자동차의 앞부분을 구성하는 모듈로 범퍼 레일, 헤드램프, 클링시스템 등의 부품으로 구성되어 있으며, 신차에 적용하고자 한다. 시뮬레이션 대상이 된 의장공장은 기존에 소형차를 전용으로 생산하고 있었으나 전면적인 합리화 공사를 하여 신차와 기존 소형차에 대해 혼류생산이 가능하도록 유연해지고, 생산량도 증대시키고자 한다. 혼류생산이란 동일한 조립라인에서 2종류 이상의 자동차를 생산하는 방식이며, 혼류비는 혼류생산의 차종별 생산 비율을 말한다. 이 비율은 시장의 수요에 유연하게 대처하기 위하여 변경이 빈번하게 발생한다.

모듈 공급업체는 FEM의 원활한 공급을 위하여 전용 생산공장을 완성차업체 부근에 지었으나, 모듈의 직서열 공급시스템에 대한 경험이 없어 상

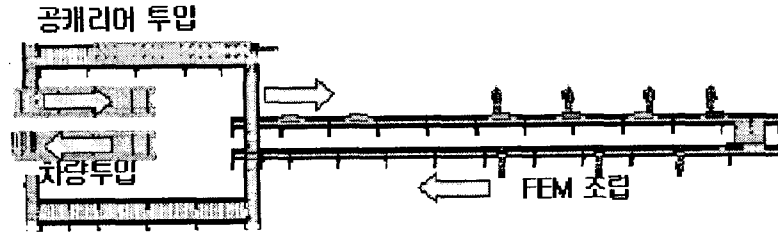
세한 FEM 직서열 공급 운영방안을 제시하지 못하고 있다. 시뮬레이션 기법을 이용하여 생산시스템 운영 전에 FEM의 공급 소요시간과 차체의 장착공정 도착 소요시간 비교에 의한 직서열 공급시스템 적용 가능성을 입증하고자 한다. 아울러, 혼류 생산 비율과 시간당 생산량(UPH) 조합별로 시뮬레이션을 수행하여 해당 운영조건에 대한 적정 모듈 운반 차량 대수 및 모듈 운반용 캐리어 운영대수 산정과 라인사이드재고 절감방안을 제시하여 물류비용을 절감하고자 한다.

#### 3-2 시뮬레이션 모델

연구대상인 완성차업체의 전체 레이아웃은 그림 3과 같으며, FEM 장착 공정은 F2-13(파이날 2라인 13공정)이다. 신차와 기존 소형차를 혼류 생산할 의장라인으로 운영 UPH는 최대 65이고, 혼류비는 신차:소형차가 100:0에서 77:23까지이다. 차체는 PBS에서 대차에 탑재된 상태로 인출되면서 조립사양이 확정되고, 이 서열 정보는 온라인을 통하여 관련 부서 및 부품업체에 전송된다.



[그림 3] 조립라인 공정흐름도



[그림 4] FEM 조립공장 레이아웃

FEM 장착공정까지 순수 작업공정 수는 141공정이고 최대 제공 대수는 190대인데 라인별 정지상황 및 연결구간 비퍼상황에 따라 PBS OUT부터 FEM 장착공정까지의 제공 대수는 변한다. 작업이 있는 공정은 차체가 일정한 속도로 연속 주행하면서 부품 조립작업이 이루어지므로 UPH의 변동에 맞게 이송속도가 설정되고 연결구간 및 비퍼구간에서는 작업구간 이송속도의 3~5배의 고속으로 이송시키며 드롭리프트의 사이클타임은 작업공정 사이클타임보다 짧게 되어 있다. 대차 및 오버헤드 행거의 길이는 5.4미터이고 작업라인에서는 항상 뒤에 있는 대차 및 오버헤드 행거가 선행하는 대차 및 오버헤드 행거를 밀면서 움직이므로 서로 접촉한 상태로 이송한다. 그러므로 작업 공정간 피치가 5.4미터가 된다. 작업 공정간 피치가 고정되므로 작업 공정의 사이클타임과 이송 속도는 UPH에 따라서 변동하게 되며 계산은 아래와 같이 할 수 있다.

$$\text{사이클타임(초)} = \frac{3600}{\text{UPH}}$$

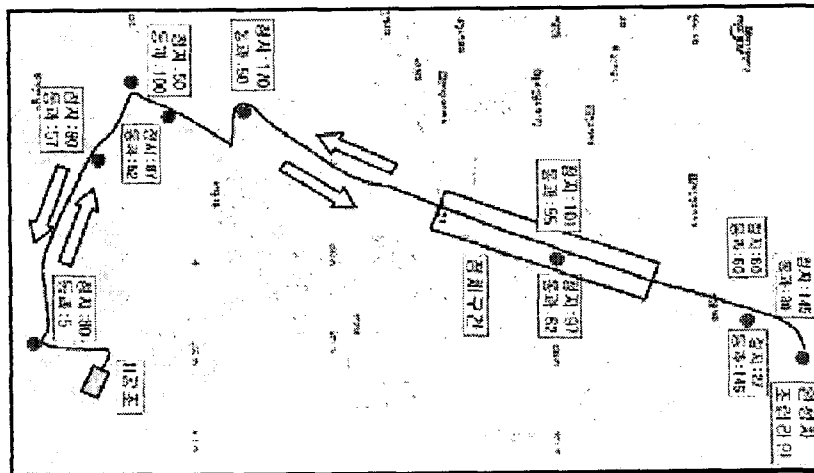
$$\text{이송속도(미터/초)} = \frac{\text{공정간피치(미터)}}{\text{사이클타임(초)}}$$

모듈 업체에서 FEM 조립을 시작하는 시점은 완성차업체의 차체가 PBS에서 인출됨과 동시에 운반라인으로 보내준 확정된 차종 사양정보를 수신 후

부터 가능하다. 차종 사양정보를 수신한 후 즉시 캐리어가 롤러 컨베이어 상에 투입되며 총 7개의 작업 공정을 거쳐 520초 후 FEM의 서브조립이 완성된다. 컨베이어의 속도는 분당 18미터로 작업 공정까지 이동하고 스톱퍼(Stopper)에 의하여 정지된 상태에서 조립 작업이 이루어진다.

조립이 완성된 FEM은 상하로 이동하는 리프트 테이블에 의하여 운반차량 투입용 롤러 컨베이어에 12대씩 2층으로 적재되어 있다. 1회 상차 대수인 24대 분량이 완성되면 완성차업체의 하치장에서 순서가 바뀌지 않고 직접 투입될 수 있도록 하기 위하여 후입선출 방식으로 차량에 투입된 후 고정장치에 의하여 고정된다. 운반차량은 8톤 덤프트럭이며 FEM 최대 적재 대수는 24대이다. FEM 조립공장 레이아웃은 그림 4와 같다.

운반차량에 상차된 FEM은 대략 10.5Km 거리를 평균속도 45Km/H로 이동하면서 8개의 신호등을 지나 완성차업체 공장에 진입하여 해당 의장공장의 하치장으로 운반된다. 그림 5는 모듈 운반 경로 및 신호등 위치를 나타내며, FEM 공급업체와 완성차업체간 운반 경로에 있는 신호등의 신호주기를 통과가능 및 정지시간 등을 반영하였다. 신호등은 시뮬레이션 수행 시작과 동시에 정지상태로 시작하여 각각의 신호주기에 따라 통과가능 및 정지상태로 스스로 바뀌게 되고, 이동중인 차량이 해당 신호등 앞에 도착하면 신호등의 현재 상태를 파악하여 정지하거나 혹은 통과하게 모델링 하였다. 일



[그림 5] FEM 운반경로 및 신호등 위치

부 정체구간과 완성차업체의 공장 내부에서는 이동 속도를 시속 30킬로미터로 설정하였고, 공장 정문에서 검사를 위한 대기시간 등을 모델링하였다.

완성차업체 하차장까지 운반된 FEM은 상하좌우로 움직이는 트래버스에 12대씩 후입선출 방식으로 탑재되고, 라인사이드 공급용 컨베이어에 의해 80미터의 거리를 분당 20미터의 속도로 진행하여 리프터에 의해 하강된 후 전용장비에 의해 해당 차체에 장착된다. FEM이 장착되면서 발생하는 빈 캐리어는 다시 리프터에 의해 상승되고, 회수용 컨베이어에 의해 분당 20미터의 속도로 하차장까지 이송되고, FEM 하차를 완료하고 대기하고 있는 운반차량에 24대씩 상차되어 모듈업체로 회수된다

[표 1] FEM 공급 소요시간 실험 결과

이동거리 (m)	모듈업체 (min)	상차 (min)	회동 (모듈업체-완성차업체) (min)	하차 및 회수 (min)	총 소요시간 (min)
100	8.7	18	24.3	9	59.7
200	8.7	18	24.3	9	60.7

운반차량 대수 및 캐리어 대수를 산정한다.

적정 운반차량 대수는 초기 운영 안대로 운반차량 대수를 8대로 시뮬레이션 하여 운반차량의 가동률을 계산하고, 가동률이 80%이하인 경우 운반차량 대수를 감소시켜 시뮬레이션 하는 과정을 반복하여 산정한다.

적정 캐리어 대수는 적정운반차량 대수로 운영할 경우 모듈업체의 빈 캐리어 투입 컨베이어에 적재되어있는 빈 캐리어 대수를 확인하고 적정 재고수준인 평균 24대가 될 때까지 캐리어 대수를 감소시켜 시뮬레이션 하는 과정을 반복하여 산정한다.

모듈 업체에서 PBS 인출 시 차종 서열정보 수신 후 즉시 조립을 시작하여 의장공장까지 운반하고, 라인사이드 공급 컨베이어에 투입하는 초기 운영 안은 차체가 장착공정까지 도착하는 시간보다 모듈부품 공급 소요시간이 54분 이상 적게 소요되므로 최소 54분 분량의 FEM은 완성업체 라인사이드 공급 컨베이어에서 이동중인 재고로 남게 되어 재고 및 필요한 캐리어 수를 증가시킨다.

이런 현상을 개선하기 위해 초기 모듈 조립 시작 시점을 60UPH의 경우 24대분, 66UPH의 경우 48대분 지연함으로써 FEM 이동중인 재고량과 소요되는 공캐리어 수도 줄일 수 있다.

UPH를 60과 65 2가지 경우와, 신차와 기존 소형차의 혼류비를 100:0 과 77:23의 2가지 경우(총 4가지 조합)에 대하여 시뮬레이션을 반복수행 한 결과 최소 운반차량 대수는 혼류 생산을 하지 않는 경우에는 6대로, 혼류 생산을 하는 경우에는 5대로 운영 가능하고, 캐리어 수는 60UPH로 운영 시 240대, 66UPH로 운영 시 220대 정도면 적정하게 운영할 수 있다. 운반차량의 가동률은 다음과 같이 계산한다.

$$\text{가동률} = \frac{\text{하차대기시간}}{\text{하역시간} + \text{이동시간} + \text{하차대기시간}}$$

운영 조건별 적정 시스템 운영방안에 대한 상세한 시뮬레이션 결과는 그림 6과 같다. 시뮬레이션 결과 적정 운영안과 초기 모듈업체에서 제시한 운영안과의 비교를 하면 운반차량 2대, 캐리어 110대 및 직접 운반 인원 4명의 절감 할 수 있으며, 운반차량 1대를 7천만원, 캐리어 1대를 100만원, 그리고 운전자 인건비를 연봉 3천만원으로 가정하면 절감금액은 초기 투자 비용 2억5천만원(운반트럭 1억4천만원, 캐리어 1억1천만원)과 매년 인건비 1억2천만원이다. 또한 모듈 조립시점을 지연하여 운반중인 FEM의 재고수준을 줄일 수 있다.

개선안을 초기 FEM 공급시스템 계획단계에서의 모듈업체가 제시한 운반트럭 8대, 캐리어 350대로 운영하려는 기존안과 비교하면 운반차량 2대,

### 3-3 직서열 공급시스템의 적용 가능성 검토

완성차업체의 의장공장 조립라인과 FEM 공급업체의 조립라인 및 공급시스템을 하나의 통합모델을 구성하였으며, 혼류비 및 UPH 등 운영 조건을 변경하며 시뮬레이션을 수행하고 한다.

FEM 직서열 공급시스템 적용 가능성은 완성차업체에서 PBS에서 출고된 차체가 FEM 장착공정까지 도착하는데 소요되는 시간과 FEM의 조립, 상차, 운반, 하차 및 투입에 소요되는 총 시간을 비교하면 된다.

FEM 직서열 공급시스템 적용 가능성 검토 시뮬레이션에서는 60UPH로 신차만 전용생산하고, 라인간 연결구간에는 정지하지 않을 정도의 최소 재공만 유지하여 의장조립라인의 재공대수가 최소가 되도록 한다. 시뮬레이션 수행시간은 1교대 작업시간(8시간)으로 하고, 난수발생기의 초기값을 변경하면서 10회 반복수행 한다.

교통사고 및 운반차량 고장 등의 경우를 제외한 최악의 상황에서도 FEM의 직서열 공급이 가능해야 하므로 차체의 장착공정 도착 소요시간이 최소가 되는 경우와 FEM 공급 소요시간이 최대가 되는 경우의 시간 비교를 통하여 판단할 수 있다.

FEM 직서열 공급 소요시간 시뮬레이션 결과는 표 1과 같다. 시뮬레이션 결과 차체의 최소 장착공정 도착시간은 60UPH 기준으로 144분이며 FEM 최대 공급 소요시간은 60UPH를 기준으로 24대 분량 공급 시 서열준비 24분, 모듈조립 8.7분, 상차 18분, 최대 이동시간 30.8분, 하차 및 투입 8분으로 총 89.5분이 소요되었다. 차체의 장착공정 도착 소요시간과 FEM 공급 소요시간을 비교하면 FEM 직서열 공급 소요시간이 차체의 장착공정 도착 시간보다 54분 적게 소요되므로 FEM 직서열 공급시스템 적용 가능성이 입증되었다.

### 3-4 적정 FEM 직서열 공급시스템 운영 방안

적정 FEM 직서열 공급시스템 운영방안 제시를 위한 시뮬레이션에서는 UPH를 60과 66, 신차와 기존 소형차의 혼류비를 100:0와 77:23 총 4가지 경우를 대상으로 한다. 각 경우에 대한 시뮬레이션 수행시간은 1교대 작업시간으로 하고, 난수발생기의 초기값을 변경하여 경우마다 10회 반복수행 한다.

기존 소형차는 FEM이 적용이 되지 않으며 UPH는 모듈공급 소요시간 lc 장착공정 도착시간과 관계가 있으므로 UPH와 차종 혼류비를 변경시키며 시뮬레이션 하였으며, 각각의 경우에 대한 적정

모델명	운반차량	차량수
모델명 1 5000대 중대차량용 운반차량 1000대 중대차량용 운반차량	운반차량 대수	60대
	운반차량 대수(개선)	60대
	운반차량 대수(개선)	60대
	운반차량 대수(개선)	60대
	운반차량 대수(개선)	60대
차량수	총 60대	60대
모델명 2 5000대 중대차량용 운반차량 1000대 중대차량용 운반차량	운반차량 대수	60대
	운반차량 대수(개선)	60대
	운반차량 대수(개선)	60대
	운반차량 대수(개선)	60대
	운반차량 대수(개선)	60대
차량수	총 60대	60대
모델명 3 5000대 중대차량용 운반차량 1000대 중대차량용 운반차량	운반차량 대수	60대
	운반차량 대수(개선)	60대
	운반차량 대수(개선)	60대
	운반차량 대수(개선)	60대
	운반차량 대수(개선)	60대
차량수	총 60대	60대
모델명 4 5000대 중대차량용 운반차량 1000대 중대차량용 운반차량	운반차량 대수	60대
	운반차량 대수(개선)	60대
	운반차량 대수(개선)	60대
	운반차량 대수(개선)	60대
	운반차량 대수(개선)	60대
차량수	총 60대	60대

[그림 7] 직서열 공급시스템 시뮬레이션 결과

캐리어 110대 및 직렬 운반 인원 4명의 절감효과가 있으며, 이를 금액으로 환산하면 초기 투자비용 2억5천만원과 매년 1억2천만원의 인건비를 절감할 수 있다. 시뮬레이션 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째 모듈 공급 최대 소요시간과 차체의 장착 공정 도착 최소 소요시간 비교를 통한 모듈의 직서열 공급시스템 적용 가능성 판단 방법을 제시하였고, 둘째 모듈화 품목의 하나인 FEM을 대상으로 직서열 공급시스템 적용 가능성을 입증하였으며, 셋째 차체의 장착공정 도착 소요 시간과 모듈 공급 소요시간의 차이만큼 완성차업체의 라인사이드에 모듈의 재고가 적체되므로 모듈의 서브 조립 시작시점을 지연시켜 라인사이드 재고 절감방안을 제시하였으며, 넷째 적정 운반차량 대수 및 소요 캐리어 수를 산정을 통한 모듈 직서열 공급시스템의 물류비 절감 방안을 제시하였다.

[표 2] 기존안과 개선방안의 비교

	기존안	개선안			
		1	2	3	4
운반차량 대수	1	5	5	5	5
운반차량 대수(개선)	1	53	53	53	53
캐리어 수	300	240	240	270	270

#### 4. 결론

완성차 업체의 신차에 적용할 FEM 공급시스템을 대상으로 시뮬레이션 기법을 적용하여 계획단계에서 직서열 공급시스템 적용 가능성을 검토하여 입증하였다. 아울러 모듈 운반차량의 적정 소요 대수 및 모듈 운반용 캐리어 운영대수를 산정하고, FEM 조립 시작시점 지연에 따른 라인사이드 재고 수준 절감 방안으로 물류비용을 절감할 수 있는 FEM 직서열 공급시스템의 적정 운영 방안을 제시하였다.

향후 새로운 모듈에 대해서도 계획단계에서 시뮬레이션을 이용한 분석으로 운반 소요시간을 고려한 모듈업체의 입지선정 등에 반영할 수 있으며, 모듈 공급시스템의 적정 운영 방안을 제시하므로 물류비용 절감을 통한 제품의 경쟁력 제고에 기여할 수 있다.

#### 참고 문헌

- [1] 김원경, 김충규, "자동차 도장공정의 생산성 향상을 위한 시뮬레이션 분석", 한국시뮬레이션학회논문지, 제8권, 제2호, 1999
- [2] 박상욱, "시뮬레이션을 이용한 반도체 제조공정 개선에 관한 연구: M사의 생산라인을 중심으로", 연세대학교 산업대학원 석사학위논문, 1997.
- [3] 서광기, "자동차 조립부품 결품방지 시스템에 관한 연구", 울산대학교 산업대학원 석사학위논문, 2001.
- [4] 윤원영, 안창근, 최용석, 김갑환, "시뮬레이션을 이용한 컨테이너 터미널의 운영계획 평가", 한국시뮬레이션학회논문지, 제7권, 제2호, 1998
- [5] 이영해, 박경중, "시뮬레이션을 이용한 기어드 모터 생산시스템 분석", 한국시뮬레이션학회논문지, 제4권, 제2호, 1995.
- [6] Banks, Jerry, "Getting Started with AUTOMOD", Brooks Automation Inc. 2001
- [7] Harrel, Charles and Kerim Tumay, "Simulation Made Easy", Institute of Industrial Engineers, 1996.